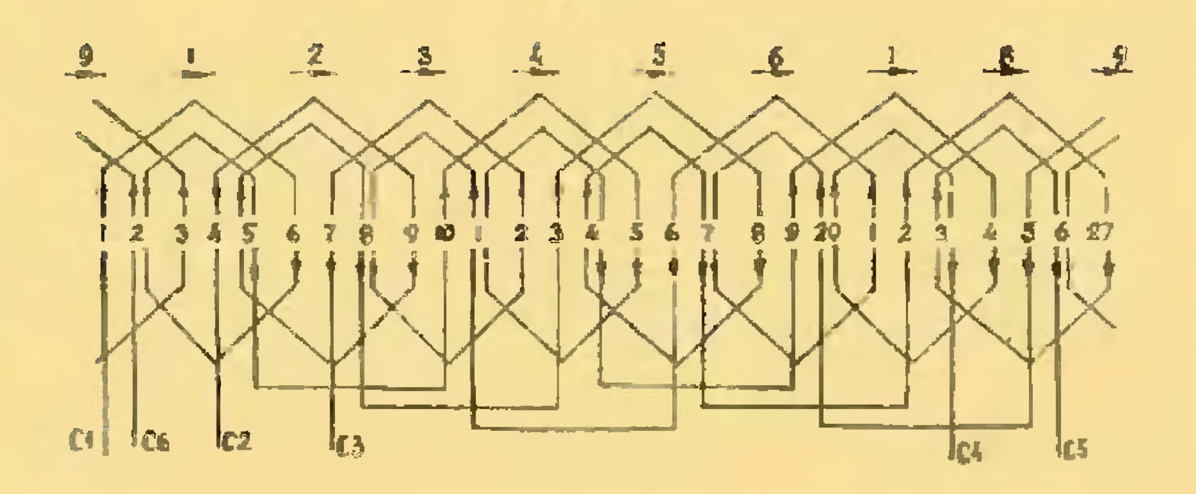
Ф.С. ДЕВОТЧЕНКО

ЗАМЕНА ОБМОТКИ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

справочное пособие

ЧАСТЬ 1



Ф.С. ДЕВОТЧЕНКО

ЗАМЕНА ОБМОТКИ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Справочное пособие

ЧАСТЬ 1

Издательство
«Советская Кубань»
1991

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие

В нашей стране наибольшее потребление электрической энергии приходится на асинхронные электродвигатели. Огромная оснащенность промышленности, сельского хозяйства и других отраслей народного хозяйства электродвигателями требует не только правильной эксплуатации, но и квалифицированного их ремонта. Более сложным его видом является частичный ремонт обмотки и особенно полная замена.

К сожалению, на ремонтных предприятиях, а тем более в мелких мастерских, не всегда имеется обмоточный провод необходимого размера, кроме того ранее выпущенные электродвигатели заводами-изготовителями с обмоткой старого стандарта проводов необходимо заменять новым стандартом, поэтому для сохранения сечения требуется производить пересчет.

На некоторые электродвигатели, чаще иностранных марок, отсутствуют обмоточные каталоги, к тому же среди них можно встретить такие, в которых обмотка заменена ремонтниками с отклонением от параметров заводов-изготовителей, в результате чего они вышли из строя. Кроме того, по технологической надобности приходится выполнять обмотку для другой частоты вращения или изменять напряжение или частоту тока. При этом во всех случаях требуется производить расчет не только сечения провода, но и количество эффективных проводников в пазу статора, а также всех параметров обмотки.

В данном пособии на основе многолетнего практического опыта приведены методы таких расчетов с помощью выведенных и преобразованных существующих формул, а также составленных таблиц магнитных индукций в зубцах и спинке сердечника статора не только по габаритам и числу полюсов, но и с учетом серии и исполнения электродвигателей. Приведенные методы расчета обмоточных данных просты, занимают мало времени и дают отклонение не более $\pm 5\%$.

В пособии приведены все типы и разновидности всыпных обмоток, дано подробное к ним пояснение, а теоретические сведения, необходимые для замены обмотки, увязаны с практическим ее выполнением, что способствует повышению качества.

Помимо основных таблиц, необходимых для расчета, в приложении помещены переработанные таблицы обмоточных данных для большинства серий электродвигателей отечественного и болгарского производства, причем для ранее изготовленных электродвигателей, у которых обмотка была выполнена проводом отмененного стандарта, она пересчитана на новый стандарт, принятый Советом Экономической Взаимопомощи стран социалистического сотрудничества, что значительно облегчает и ускоряет выдачу заданий обмотчикам для производства работ.

Для практического пользования указаны изоляционные материалы и обмоточные провода, применяемые в соответствии с классом изоляций, а также подшипники качения для серии А, А2, 4А и ВАО. В конце пособия приведен вывод формул для расчета числа эффективных проводников в пазу статора и восстановления числа полюсов электродвигателей заводского изготовления при отсутствии паспортных табличек или каталожных данных.

Пособие предназначено для практиков — мастеров и обмотчиков, занимающихся ремонтом электродвигателей с заменой всыпной обмотки трехфазных асинхронных электродвигателей.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ПРИ ЗАМЕНЕ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

1. Принцип работы и некоторые особенности асинхронных электродвигателей

При подключении электродвигателя к электросети по его обмотке, находящейся в пазах статора, проходит электрический ток, образующий вокруг проводников магнитное поле (на рис. 1. представлен сердечник статора с пазами для обмотки). Так как ток подводится переменный, то магнитное поле в статоре будет также переменным и к тому же вращающимся. Обмотка статора изготовлена таким образом, что возникшее магнитное поле создает полюса северный (С) и южный (Ю). Частота (скорость) вращения магнитного поля статора (n) прямо пропорциональна частоте тока (f) и обратно пропорциональна числу пар полюсов (p). При стандартной частоте тока 50 Гц наибольшая частота вращения поля при одной паре полюсов обмотки будет максимальной.

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об/мин.}$$

Чем больше число пар полюсов обмотки статора, тем меньше частота вращения магнитного поля, которое, концентрируясь в стали статора, образует вращающийся магнитный поток, проходящий через зубцы и спинку

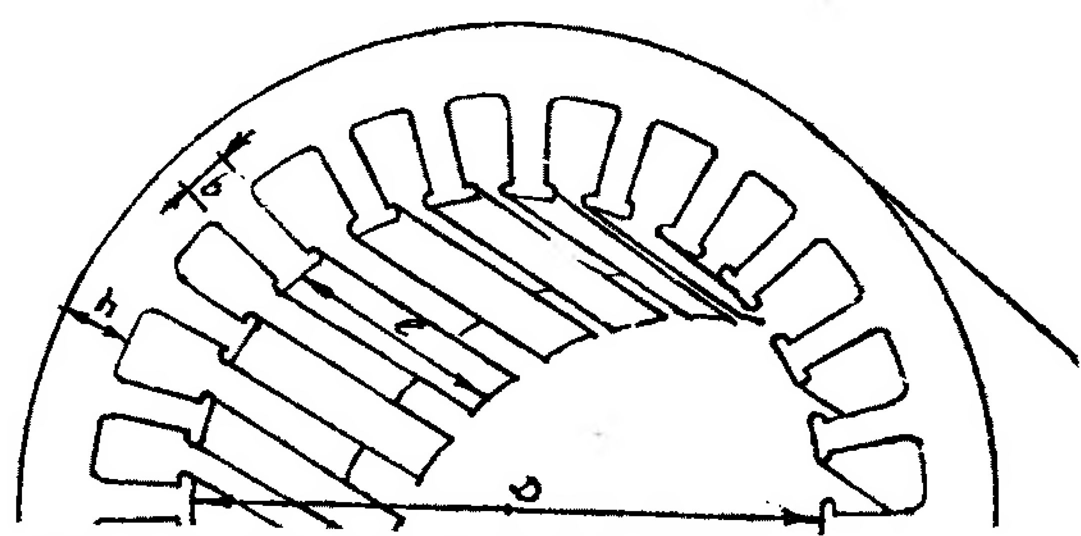


Рис. 1. Активная часть (сердечник) статора

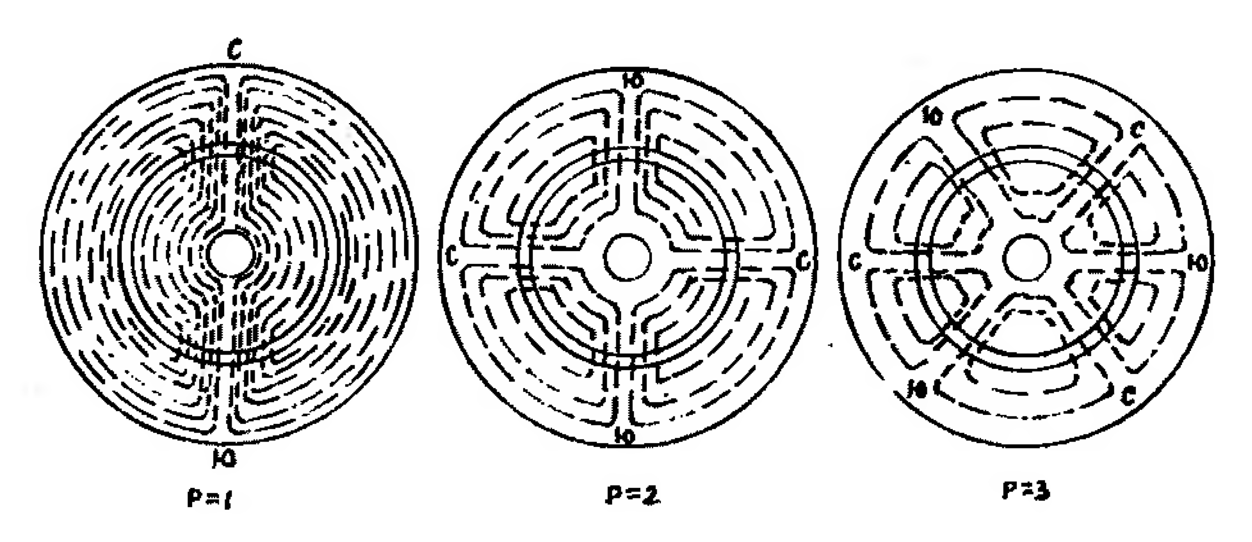


Рис. 3. Распределение магнитного потока в электродвигателе при числе пар полюсов р = 1, 2, 3.

статора, воздушный зазор (между статором и ротором), замыкаясь через сталь ротора (на рис.3 показано распределение магнитного потока в зависимости от числа пар полюсов электродвигателя — р = 1,2,3).

В роторе также имеются пазы, которые в короткозамкнутом заполняются стержнями меди или (чаще) заливаются алюминиевым сплавом по форме беличьей клетки, а в фазном — обмоткой, идентичной статору.

Вращающийся магнитный поток статора, пересекая проводники ротора, наводит электродвижущую силу (ЭДС) в обмотке, но так как она замкнута, то проходящий в ней ток в свою очередь создаст магнитный поток в теле ротора с таким же числом пар полюсов, что и в статоре. Взаимодействие магнитного потока ротора (или проводников ротора под током) с вращающимся магнитным потоком статора создает электромагнитную силу (МДС), приводя ротор во вращение.

Активной частью обмотки являются проводники, расположенные в пазах статора, создающие магнитное поле, а пассивной — проводники в лобовых частях, которые служат как соединяющие для прохождения тока. Учитывая это, при изготовлении секций надо стремиться к меньшим их размерам (насколько это возможно) для экономии обмоточного провода за счет уменьшения лобовых частей обмотки.

Сама обмотка в статоре имеет малое активное и реактивное сопротивление, поэтому подключать ее к сети на номинальное напряжение без подшипниковых щитов или при заторможенном роторе короткозамкнутого исполнения или фазном — с замкнутой обмоткой нельзя, так как будет потребляться чрезмерно большой ток,

равный начальному пусковому. Заторможенный электродвигатель можно подключать: короткозамкнутый на пониженное напряжение порядка до 30% от номинального, а фазный с разомкнутой обмоткой — на номинальное напряжение, при этом последний подобен трансформатору и будет потреблять ток холостого хода (намагничивания).

При работе электродвигателя подводимое напряжение от электросети уравновешивается в основном за счет противоэлектродвижущей силы (ПЭДС), возникающей в обмотке статора от вращающегося магнитного поля статора, в результате чего электродвигатель потребляет ток в зависимости от нагрузки.

Работа электродвигателя с хорошими характеристиками зависит от нормального насыщения магнитным потоком зубцов статора. При низкой магнитной индукции электродвигатель будет иметь малый ток холостого хода, а следовательно, слабый пусковой и вращающий моменты. Спинка статора, являясь соединяющей частью общего магнитопровода, будет ли насыщена или не насыщена магнитным потоком, — это не влияет на работу электродвигателя, в первом случае она не должна перегреваться выше допустимой нормы температуры, во втором — электродвигатель будет работать в лучшем тепловом режиме.

Заводы-изготовители конструируют электродвигатели из определенных размеров, т.е. при одинаковых габаритах чем они быстроходнее, тем выше (толще) спинка статора, например, при 3000 об/мин. спинка выше порядка в 2 раза, чем при 1500 об/мин. Обычно стараются выпускать электродвигатели на одну ступень оборотов, при этом части сердечника статора имеют размеры, при которых они полностью загружены магнитным потоком для предусмотренной мощности. Но стремясь к экономии на дорогостоящих штампах, при штамповке листов стали пакетов, а также в целях уменьшения числа ступеней габаритов, некоторые электродвигатели изготовляют с сердечниками одинаковых размеров на две рядом лежащие ступени частот вращения, например, 1500 и 1000, 1000 и 750 об/мин. и т.д. В этом случае спинка активной стали статора (сердечника) на высшей ступени частоты вращения загружена магнитным потоком нормально, а на низшей — недогружена, в результате чего во втором случае не полностью используется электро-

техническая сталь. Такие электродвигатели одного и того же исполнения не отличаются друг от друга по размеру, но имеют разную мощность.

Электродвигатели в закрытом обдуваемом исполнении имеют мощность на одну ступень меньше, чем электродвигатели защищенного открытого исполнения, поэтому несмотря на одинаковые размеры сердечников активной стали нельзя перематывать обмотку их как взаимозаменяемую.

Если закрытый обдуваемый электродвигатель перемотать по обмоточным данным защищенного открытого, то он при работе сгорит или будет пригоден только для повторно-кратковременной работы. Если защищенный открытый электродвигатель перемотать по обмоточным даниым закрытого обдуваемого электродвигателя, то он потеряет мощность на одну ступень. Электродвигатели одного габарита и серии, но отличающиеся длиной сердечника статора, имеют разную мощность на одну ступень.

2. Взаимосвязь между геометрическими и электрическими градусами

Как и всякая окружность, статор имеет 360 геометрических градусов (ГГ), тогда как электрические градусы (ЭГ) зависят от числа пар полюсов обмотки. Связано это с тем, что переменный ток, изменяясь по синусоиде, проходит полный цикл изменений под двумя полюсами — северным и южным, что составляет 360 электрических градусов. Электрические градусы в статоре равны произведению геометрических градусов на число пар полюсов, ЭГ = ГГ • р.

Чем больше электродвигатель будет иметь число пар полюсов, тем больше будет электрических градусов и тем он будет тихоходнее.

Электрические и геометрические градусы совпадают по величине для электродвигателя, статор которого намотан на 3000 об/мин.

$$ЭГ = ГГ \cdot p = 360 \cdot 1 = 360.$$

Шестиполюсный электродвигатель имеет электрических градусов

$$ЭГ = 360 \cdot 3 = 1080.$$

3. Влияние изменения числа эффективных проводников в пазу статора на параметры электродвигателя

При расчете числа эффективных проводников в пазу статора (N) может получиться дробное число, которое необходимо округлить до ближайшего целого числа. Округление дробного числа возможно только в том случае, когда величина дроби, на которую происходит уменьшение или увеличение до целого числа, не превышает порядка 3% от расчетного дробного числа проводников при последовательной обмотке. Допустим, при расчете получилось 15,8 или 6,1 эффективных проводников при последовательной обмотке, поэтому в первом случае необходимо увеличить до 16 проводников на 0,2, что составит 1,3%, а во втором случае надо уменьшить до 6 проводников на 0,1, что составит 1,6% от расчетных данных чисел. В обоих случаях округление допустимо.

Если суммарное сечение всех элементарных (параллельных) проводов, из которых состоит эффективный проводник, окажется слишком большим при последовательной обмотке и из-за большого количества проводов трудно заготовлять обмотку, а крупные диаметры проводов или не проходят в шлицы пазов статора или же плохо поддаются изгибу при укладке в лобовой части, то для уменьшения сечения эффективного проводника образуются параллельные ветви. Обычно это встречается для большой мощности электродвигателей.

При образовании параллельных ветвей количество эффективных проводников увеличивается, а сечение их уменьшается в число раз параллельных ветвей. Возможное число параллельных ветвей (a) приведено в табл.1.

В том случае, если при округлении дробных эффективных проводников необходимая величина дроби превышает 3%, то получение целого числа возможно за счет образования параллельных ветвей. Например, расчетное число эффективных проводников при последовательной обмотке получено 6,4 при этом уменьшение до 6 проводников дробь 0,4 составляет 7%, что недопустимо, поэтому надо принять возможное число параллельных ветвей, допустим, $a = 2$ или $a = 3$, причем число эффективных проводников в пазу изменится.

$$N = 2 \cdot 6{,}4 = 12{,}8 = 13 \text{ и } N = 3 \cdot 6{,}4 = 19{,}2 = 19.$$

Оба варианта приемлемы, но лучшим является в 3 параллельные ветви, так как к 19,2 проводникам дробь 0,2 является наименьшей величиной, составляющей 1%, тогда как к 12,8 проводникам 0,2 составляет 1,5%. Такое принятие возможного числа параллельных ветвей является вынужденным. Значит, наличие параллельных ветвей не только уменьшает сечение эффективных проводников, но и одновременно позволяет получить целое число эффективных проводников, если при расчете оно получилось дробным, а округлить его недопустимо. В некоторых случаях для этого в быстроходных электродвигателях дополнительно прибегают к изменению принятой ширины шага.

Расчетное число эффективных проводников с учетом погрешностей и округления (при выборе параллельных ветвей) не должно превышать $\pm 5\%$ от данных завода, только в этом случае электродвигатель будет иметь хорошие характеристики. При уменьшении числа проводников (против расчетных) увеличивается намагничивающий ток и возрастают магнитные нагрузки, пусковой и вращающий моменты, но при продолжительной работе повысится нагрев электродвигателя и сократятся его сроки службы.

При увеличении числа проводников (что влечет к уменьшению их сечения) эти параметры снижаются, увеличивается $\cos\varphi$ и срок службы, но при этом снизится мощность электродвигателя, что можно допустить, если не требуется большого пускового и вращающего моментов и если возможно незначительное снижение мощности для агрегата, где установлен электродвигатель. В обоих случаях при увеличении или уменьшении числа проводников, против расчетных, ухудшается коэффициент полезного действия (КПД).

Происходящее явление в электродвигателе при отклонении числа проводников от расчетного можно судить по соотношению

$$B_з = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot N \cdot K_y}$$

Из соотношения видно, что магнитная индукция в зубцах ($B_з$) обратно пропорциональна числу проводников в пазу (N) — чем меньше число проводников, тем больше магнитная индукция и наоборот. Если уве-

личить или уменьшить число проводников в определенную величину, то в эту же величину изменится магнитная индукция или магнитный поток. Изменение магнитной индукции вызовет изменение в такую же величину намагничивающей силы или магнитодвижущей силы (МДС) холостого хода, что подтверждается законом магнитной цепи:

$$B_{(\Phi)} = \frac{МДС}{R_м}$$

По закону магнитной цепи при нормальном насыщении стали магнитный поток прямо пропорционален намагничивающей силе ($N \cdot I_o$) и обратно пропорционален сопротивлению магнитной цепи (R_m).

Но если считать магнитное сопротивление цепи постоянной величиной, то магнитный поток будет зависеть от числа проводников (N) и намагничивающего тока (I_o), $B = I_o \cdot N$ (ампер-витков).

При такой зависимости соответствует, что если изменить число проводников в определенную величину, то в такую же величину изменится магнитная индукция, и для сохранения равенства намагничивающий ток должен измениться в такую же величину в квадратной степени.

Например проводники изменены на 5%, или в 1,05 раза, тогда равенство будет: при уменьшении их — $B \cdot 1{,}05 = I_o \cdot 1{,}05^2 \cdot (N:1{,}05)$ и при их увеличении — $B:1{,}05 = (I_o : 1{,}05^2) N \cdot 1{,}05$. Но такое соотношение справедливо только при небольшом изменении числа проводников, когда сохранится нормальное магнитное насыщение стали. (Величины магнитных индукций приведены в табл. 2.)

Если же изменить число проводников в величину, при которой сталь будет недонасыщена или перенасыщена, то сразу изменится магнитная проницаемость и магнитное сопротивление стали, в результате чего нарушится существующая квадратичная зависимость между магнитной индукцией и намагничивающим током (током холостого хода). В этом случае изменение числа проводников приведет к изменению магнитной индукции в такую же величину (в 1-й степени), а намагничивающего тока в такую же величину, но уже в 3, 4, 5-й и т.д. степени. Из-за изменения числа проводников с увеличением магнитной индукции намагничивающий ток (холостого хода) проявляется более интенсивно за счет

перенасыщения стали, величина которого превышает во много раз номинальный ток электродвигателя, а при большой недонасыщенности стали, с уменьшением магнитной индукции, ток холостого хода уменьшается в меньшей степени, при этом резко снижается мощность электродвигателя. При одном качестве стали и одинаковом изменении магнитной индукции степень изменения тока намагничивания зависит от чистоты вращения магнитного поля. Чем больше частота вращения электродвигателя, тем в меньшей степени изменяется ток холостого хода и наоборот.

При замене обмотки в статоре необходимо обязательно проверить ток холостого хода электродвигателя и сравнить с табл. 4.

4. Влияние величины зазора на работу электродвигателя

Расчет эффективных проводников в пазу может быть правильным в том случае, если воздушный зазор между статором и ротором имеет размер, предусмотренный ранее конструкцией электродвигателя в заводском исполнении. Если по каким-либо причинам воздушный зазор увеличен (стирание при работе из-за плохих подшипников или проточка), то соответственно увеличивается сопротивление магнитному потоку, а значит, и растет ток намагничивания (ток холостого хода). В этом случае двигатель выбраковывается. Чтобы обеспечить его нормальную работу, надо увеличить число проводников в пазу, а значит, уменьшить сечение провода, что ведет к снижению мощности электродвигателя. Кроме того, электродвигатель будет иметь плохие характеристики.

5. Соотношение пазов ротора и статора в зависимости от числа полюсов

Электродвигатели конструируются с таким расчетом, чтобы существовала нормальная магнитная взаимосвязь между статором и ротором, поэтому при определенном числе полюсов должно быть соответствующее число пазов статора и ротора. Если это условие не будет соблюдено,

то возможен шум в двигателе или прилипание ротора при пуске и даже застревание его на определенной ступени скорости, что не позволит достичь нормальных оборотов. Такие явления бывают даже в электродвигателях заводского исполнения, а после перемотки обмотки на другие обороты на ремонтных предприятиях возможны тем более.

Учитывая это, при переделке электродвигателя на другие обороты или подборе ротора взамен утраченного для обеспечения нормальной работы необходимо производить проверку с учетом двух условий.

Первое условие — сравнение числа пазов ротора с числом пазов статора:

отношение чисел пазов ротора к статору не должно быть равно двум, единице или половине

$$Z_2/Z \neq (2{,}1 \text{ или } 0{,}5);$$

разность между числами пазов ротора и статора не должна быть равна числу пар или числу полюсов

$$Z_2 - Z \neq p \text{ или } 2p;$$

разность между числами пазов ротора и половиной или двойным числом пазов статора не должна быть равна в первом случае числу пар, а во втором — числу полюсов

$$Z_2 - 0{,}5 \cdot Z \neq p \text{ или } Z_2 - 2 \cdot Z \neq 2p.$$

Второе условие — сравнение числа пазов ротора с числом полюсов, увеличенных в число, кратное трем, при этом разность между числом пазов ротора и произведением числа полюсов на число кратное трем (ЧКТ), не должна быть равна нолю, числу полюсов или единице.

$$Z_2 - 2p \cdot \text{ЧКТ} \neq (0),\ 2p,\ \underline{1},\ \underline{2p+1},\ \underline{p+1}.$$

ЧКТ — число, кратное трем — 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 и т.д. принимается таким, чтобы оно в произведении с числом полюсов давало результат, близкий или равный числу пазов ротора.

Данные в скобках указывают на возможность прилипания ротора при пуске электродвигателя, подчеркнутые — шум и вибрацию электродвигателя, остальные — застревание ротора.

II. ТИПЫ ВСЫПНЫХ ОБМОТОК ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ. СОЕДИНЕНИЕ СХЕМ И ОБРАЗОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ

6. Основные элементы и параметры обмотки, ее заготовка для укладки

Эффектный (расчетный) проводник — N, состоящий из одного или нескольких элементарных (параллельных) проводников — $N_э$, расположенных в одном пазу

Эффективный (расчетный) виток — W, объединяющий два эффективных проводника, расположенных в разных пазах;

Катушка (секция), состоящая из нескольких эффективных витков, стороны которой расположены в двух пазах;

Катушечная (секционная) группа (КГ), состоящая из одной или нескольких катушек (секций), характеризуется числом пазов на полюс и фазу — q и определяется отношением числа пазов статора (Z), к тройному числу полюсов (3 • 2p) для трехфазного электродвигателя.

$$q = Z:2p \cdot 3 = Z:6p$$

Катушечные группы изготовляются (наматываются) равносекционными или с концентрическими секциями, причем последние более трудоемкие при изготовлении, так как при их намотке требуется специальный ступенчатый шаблон, но они надежнее в работе, потому что секции не пересекаются между собой, а лежат в одной плоскости, что также способствует уменьшению лобовой части обмотки.

Каждая катушка (секция) в катушечной группе располагается в пазах статора левой и правой сторонами с определенным шагом (У).

Шаг секции зависит от типа обмотки, числа пазов статора и числа полюсов и имеет двоякое значение.

Первое — расчетный шаг, обозначается одной цифрой, показывающей, какое число зубцов им охватывается (Z).

При полных катушечных группах будет диаметральный расчетный шаг (Уд), который равен полюсному делению (τ) или тройному числу пазов на полюс и фазу (q), определяется путем деления числа (Z) пазов на число полюсов (2р)

Уд = Z : 2р = 3 • q = τ. Например, Z = 36, 2р = 6, Уд = 36 : 6 = 6.

Второе — шаг по пазам, указывает расположение сторон секций в двух пазах и обозначается двумя цифрами, т.е. левая сторона секции располагается условно в первом пазу, а правая сторона занимает паз на единицу больше расчетного шага, в данном случае:

Уд = 6 (1 ÷ 7) — из первого в седьмой паз.

В зависимости от числа пазов статора и числа полюсов катушечные группы могут иметь от одной до восьми катушек (секций) соединенные промежуточными проводниками. Промежуточные проводники между секциями находятся со стороны схемы и называются межсекционными переходами. Число катушечных групп в фазе зависит от типа обмотки и числа полюсов. Проводники, образующие схему обмотки, называются соединениями между катушечными группами, которые обязательно изолируются специальными трубками.

Три фазы, изолированные друг от друга (состоят из катушечных групп) обозначаются: начала — C_1, C_2, C_3, концы — C_4, C_5, C_6 и соединяются выводами в треугольник (△) C_4—C_2, C_5—C_3, C_6—C_1 или в звезду (*Y*) вместе все концы — C_4, C_5, C_6, или начало фаз — C_1,C_2, C_3, располагаются друг от друга на 120 градусов.

Фазы собираются из разрезных (отдельных) катушечных групп или заготовляются целыми (без паек). В последнем случае между катушечными группами в процессе намотки одеваются изоляционные трубки, общее количество которых в каждой фазе на одну меньше числа катушечных групп. Длина изоляционной трубки равна ширине шага секции.

6.1. Заготовка обмотки и метод ее укладки

Пооперационная работа при замене обмотки.

При всыпной обмотке корпусная изоляция изготовляется в виде пазовых коробочек, на концах которых для прочности можно заворачивать манжеты, выступающие на 6—15 мм из пазов. Для нормального заполнения пазов проводниками без дополнительного усилия, пазовые коробочки осаживают плотно к стенкам в углах пазов специальными (по размеру паза) оправками или подготовляют заранее с помощью загибалки по форме паза и устанавливают (гильзуют) по двум методам. Первый метод - установка пазовых коробочек под шлиц паза, являющийся более экономичным и производительным, но во время укладки проводников возмождны обдиры изоляционной эмали на проводах об края шлицов. Второй метод — установка пазовых коробочек выше шлица на 3-4 мм, исключает повреждение изоляции проводов, но при этом уменьшается просвет для укладки проводов, затрачивается дополнительное время на обрезку выступающих частей коробочек или на загиб их во внутрь пазов в место подклиновой (верхней) прокладки и так как она получается из двух половин то уменьшает полезную часть паза. Укладку проводов по первому методу можно производить с защитными изоляционными полосками устанавливаемыми временно на шлицы пазов, но это создает большое неудобство. Толщина корпусной изоляции (пазовых коробочек) в зависимости от мощности электродвигателя указана в таблице 7.

При полузакрытых пазах укладка секций производится через шлиц паза по одному или несколько проводников в зависимости от их диаметра, при этом клиновой пластинкой из фибры (текстолита) необходимо проводить вдоль пазов, устраняя перекрещивание проводников. После установки межсекционных изоляционных прокладок (при любом типе обмоток) необходимо производить уплотнение уложенных (засыпанных) секций в пазах специальным металлическим утюжком, освобождая место для клина.

Для удерживания обмотки в пазах от воздействия центробежной и динамической сил устанавливаются (забиваются) клинья из твердого дерева или специального материала.

Клинья должны выходить из пазов на 5-12 мм (в зависимости от габарита электродвигателя), но не должны выступать выше пазов (по расточке статора). Для влагостойкости клинья из дерева провариваются в олифе или

трансформаторном масле и просушиваются при температуре 120—140°С в течении 3-4 часов. В мелких электродвигателях можно вместо клина применять жесткие полоски из изоляционных материалов толщиной 0,5—1 мм.

Как в процессе укладки катушечных групп и установки между ними изоляционных прокладок, так и после расклинивания обмотки, ее лобовые части ударами молотка через деревянную или фибровую подбивку осаживают и отгибают в сторону от расточки статора, при этом соблюдается осторожность не допуская разрыва изоляционных пазовых коробочек на выходе из пазов. Осадку и формовку лобовых частей обмотки удобнее производить резиновым молотком, если позволяет расточка статора для ударов.

Для скрепления проводников катушечных групп и удерживания между ними изоляционных прокладок лобовые части обмотки увязывают (бондажируют) лентой или шнурчулком с помощью специального крючка-иголки из стальной проволоки.

Образовывая схему обмотки концы проводников катушечных групп и выводов зачищают от изоляции, скручивают между собой и сваривают при помощи специального держателя с угольным стержнем диаметром от 6 до 15 мм питающегося от трансформатора напряжением 36-50 вольт. Места соединения сваркой изолируются трубками предварительно одетыми на провода и сдвинутыми в сторону в момент сварки.

Материалы применяемые для электродвигателей при замене обмотки в соответствии с классом изоляции приведены в приложении 2,3.

Заготовка обмотки (намотка секций) производится намоточным станком на шаблонах, которые обычно вращаются по часовой стрелке. В процессе намотки одна сторона каждой секции (для скрепления витков) временно перевязывается мягкой проволокой, следовательно, в начале укладываются неперевязанные стороны секций. (В случае несоответствия увязанных сторон секций с укладкой, это можно исправить путем переворота заготовленной всей фазы или разрезной катушечной группы, от чего укладка их не изменяется).

Намотку секций производят с конца или основания шаблонов, от чего зависит метод укладки обмоток в пазы статора. Схему обмотки можно располагать справа или слева статора, но для удобства работы правой рукой отдают предпочтение первому, поэтому отверстие для выводов обмотки на корпусе статора должно быть справа по отношению к исполнителю. Заготовленная обмотка раз-

мещается справа концами к статору, что позволяет свободно отделять поочередно каждую секцию и (развернув) укладывать в пазы статора.

Если намотка секций производилась с конца шаблонов, то обмотка должна укладываться против часовой стрелки (снизу вверх от себя) и называется правой обмоткой, а если намотка — с основания шаблона, то укладка — по часовой стрелке (снизу вверх на себя) и называется левой обмоткой (если смотреть со стороны схемы). Метод выполнения обмотки зависит от навыка и привычки на каждом ремонтном предприятии. Правая обмотка имеет преимущество, так как нумерация пазов и катушечных групп совпадает на схемах в каталогах и учебной литературе, что облегчает выполнение сложных обмоток.

На рис. 3 приведены три схемы для $Z=36$, $q=2$, $2p=6$, $У_Д=6(1\div7)$, с заготовкой секции с конца шаблона, но с различной укладкой.

Равносекционная обмотка считается правильно уложенной в пазы статора, когда в катушечных группах вывода (начальный и концевой) располагаются на наружной их части (рис.3а).

Концентрические обмотки в катушечных группах имеют начало на наружной части, а конец — на внутренней части, поэтому не зависят от правила заготовки и укладки, тогда как несоблюдение этих правил для равносекционных обмоток приводит к тому, что вывода (начало и концы) катушечных групп расположатся на внутренней их части. Это не изменяет магнитоэлектрических характеристик электродвигателя, но приводит к серьезным нежелательным явлениям.

Во-первых, при укладке любого типа равносекционной обмотки увеличиваются межсекционные переходы на два паза, в результате чего провода между секциями оказываются короткими, поэтому после укладки первой секции для каждой последующей подтягивают последний виток, который смещается со своего начального места и, пересекаясь с другими (чужими) витками, оказывается под большим потенциалом (напряжением), увеличивая возможность возникновения виткового замыкания, что способствует снижению надежности работы электродвигателя (рис. 3б, 3в).

Во-вторых, если для двухслойной и однослойной «вразвалку» равносекционных обмоток расположение

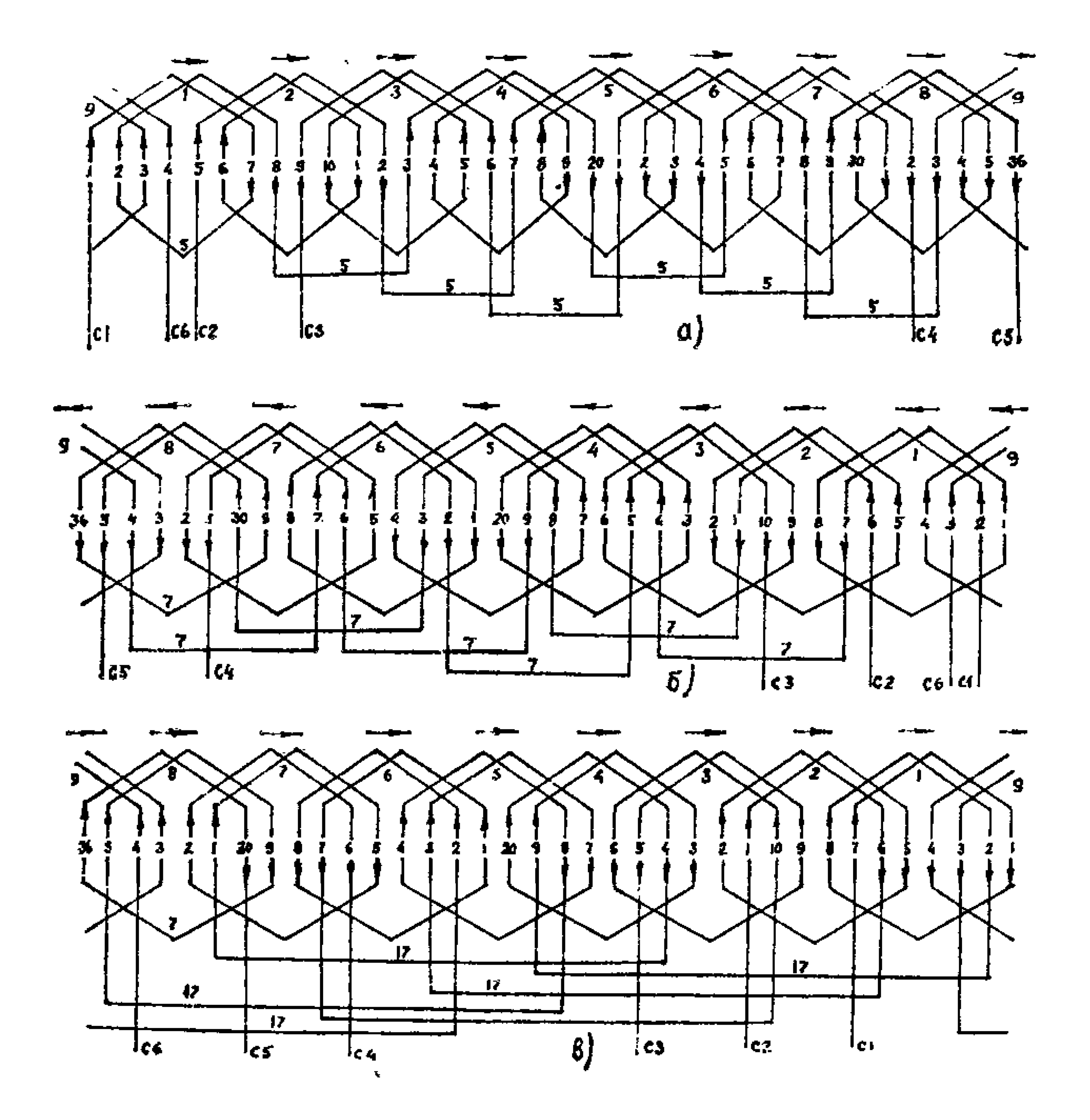


Рис. 3. Соединение КГ в зависимости от их укладки Z = 36, 2р = 6, q = 2, У = 6(1—7), КГ = 9.

а) правильная укладка обмотки разрезными КГ и целыми фазами

б) неправильная укладка обмотки разрезными КГ

в) неправильная укладка обмотки целыми фазами.

выводов внутри катушечных групп не влияет на соединение схемы, то в однослойной равносекционной обмотке между катушечными группами соединения удлиняются: при разрезных катушечных группах до 2q (рис. 3б) и с целыми фазами — значительно больше (рис. 3в). В результате этого, допустим, при q = 2, 2р = 6 на соединение схемы перерасходуется изолционная трубка и обмоточный провод соответственно в 1,4 и 3,4 раза. Для тихоходных электродвигателей 2р = 8,10,12 и т.д. перерасход материалов возрастает за счет увеличения количества КГ.

7. Однослойная обмотка

В однослойной обмотке стороны катушек (секций) катушечных групп располагаются рядом и занимают каждый паз полностью.

7.1. Однослойная обмотка с целым числом пазов на полюс и фазу

Такая обмотка выполняется полными (сосредоточенными катушечными группами в лобовой части) с равными (рис. 4) или концентрическими секциями диаметрального шага (рис. 5). Для однослойной равносекционной обмотки диаметральный шаг для всех секций одинаков, а для концентрической обмотки диаметральный шаг (по расчету) можно получить только средний.

При концентрической обмотке шаг по пазам для каждой секции определяется по расчетному шагу. Левые стороны секций располагаются в пазах статора 1, 2, 3, 4 и т.д. Правая сторона большой секции располагается в пазу на расстоянии диаметрального шага в сумме с числом пазов на полюс и фазу.

$$У_1 = У_Д + q$$

Стороны меньших секций с шагом $У_2$, $У_3$, $У_4$ и т.д. располагаются в соответствующих пазах рядом внутри большой секции (на один паз меньше).

Однослойные равносекционные и концентрические обмотки (с полным числом пазов на полюс и фазу) выполняются с четным и нечетным количеством секций в катушечных группах для $2p=4$, 6, 8 и т.д.

На схемах (рис. 4) для равносекционной обмотки диаметральный шаг и (рис. 5) для концентрической обмотки средний диаметральный шаг одинаковы — $У_Д = У_{ср} = 12$, а шаги по пазам различны. Электрические характеристики для обеих обмоток равноценны.

Несмотря на то, что для $2p=2$, однослойная обмотка (с полным числом секций в катушечных группах) теоретически выполнима, на практике не применяется из-за большого шага, а укладывается «вразвалку», при которой шаг уменьшается на 0,5q.

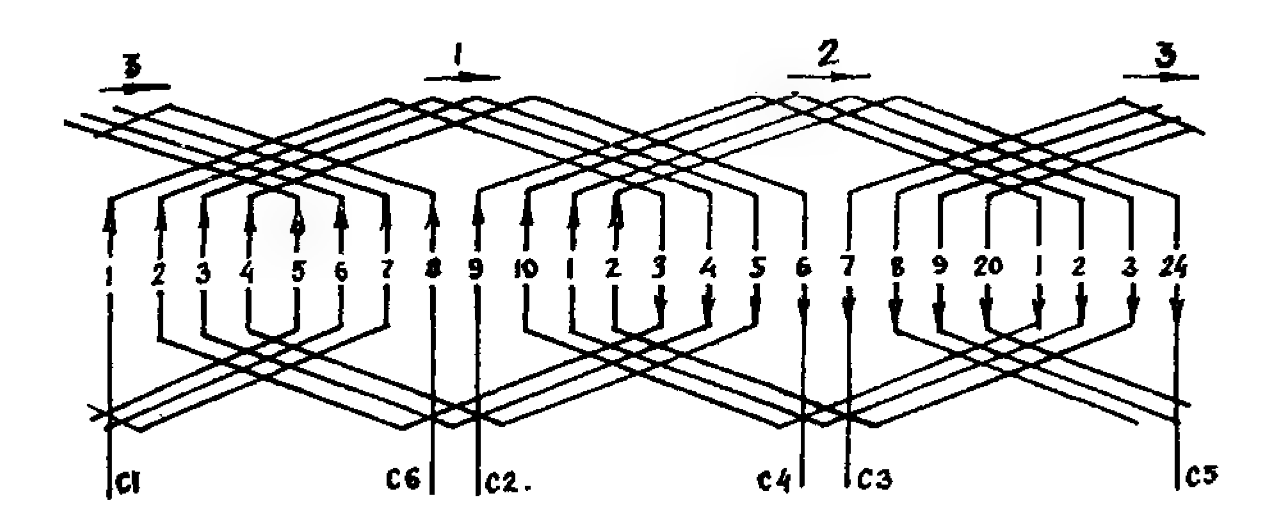


Рис. 4. Схема однослойной равносекционной обмотки Z = 24, 2р = 2, q = 4, У = 12(1—13), КГ = 3 (не применяется).

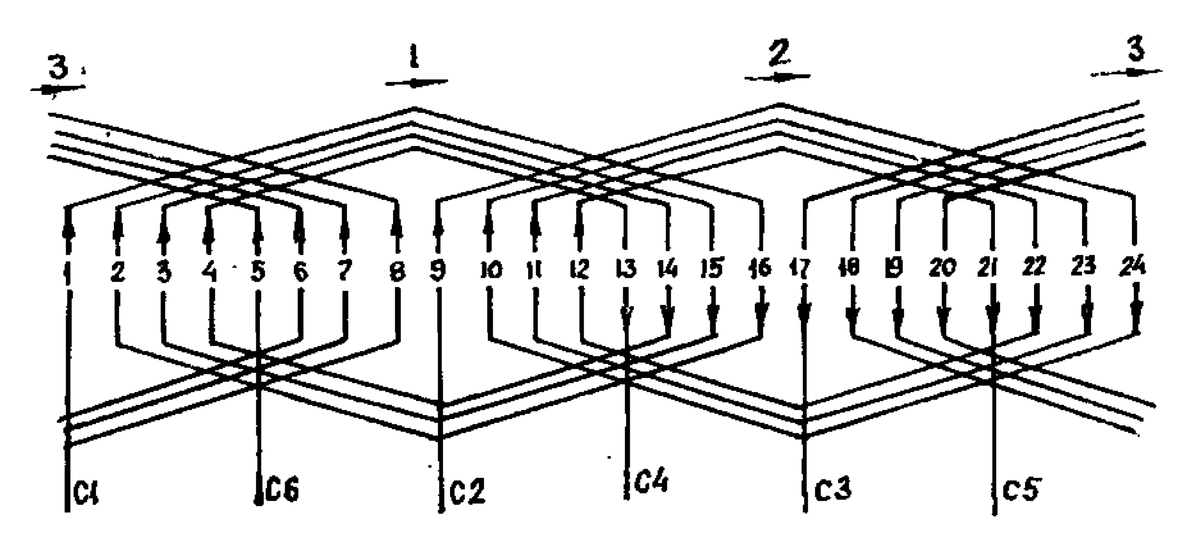
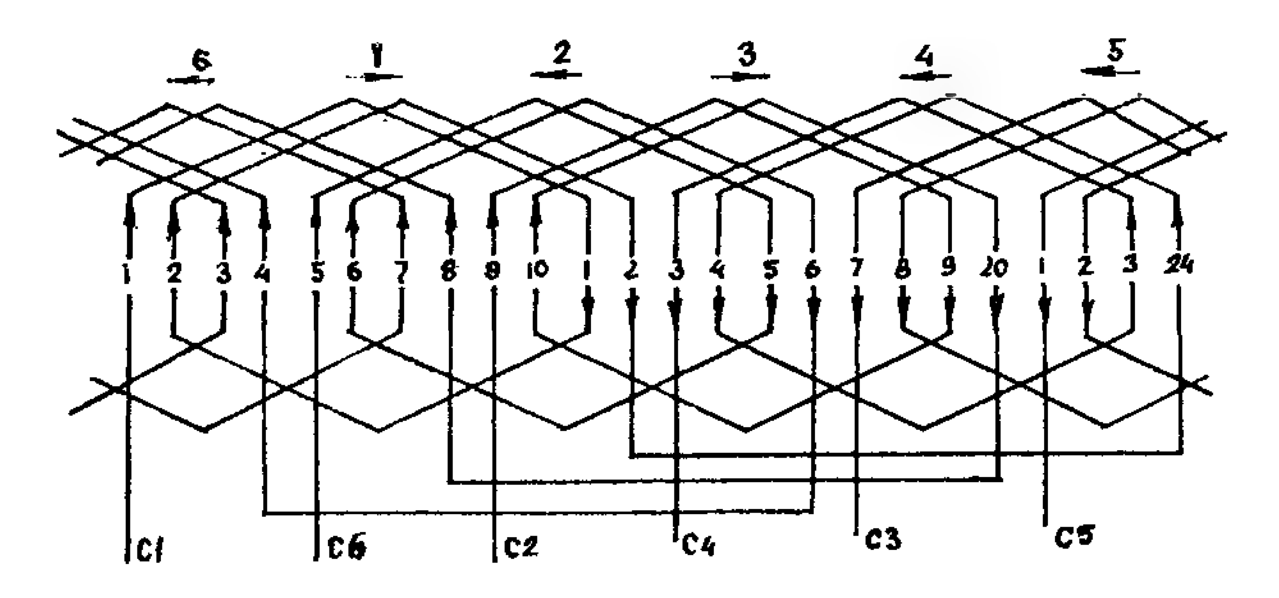


Рис. 5. Схема однослойной концентрической обмотки Z = 24, КГ = 3, 2р = 2, q = 4, $У_1$ = 15(1—16), $У_2$ = 13(2—15), $У_3$ = 11(3—14), $У_4$ = 9(4—13) (не применяется)

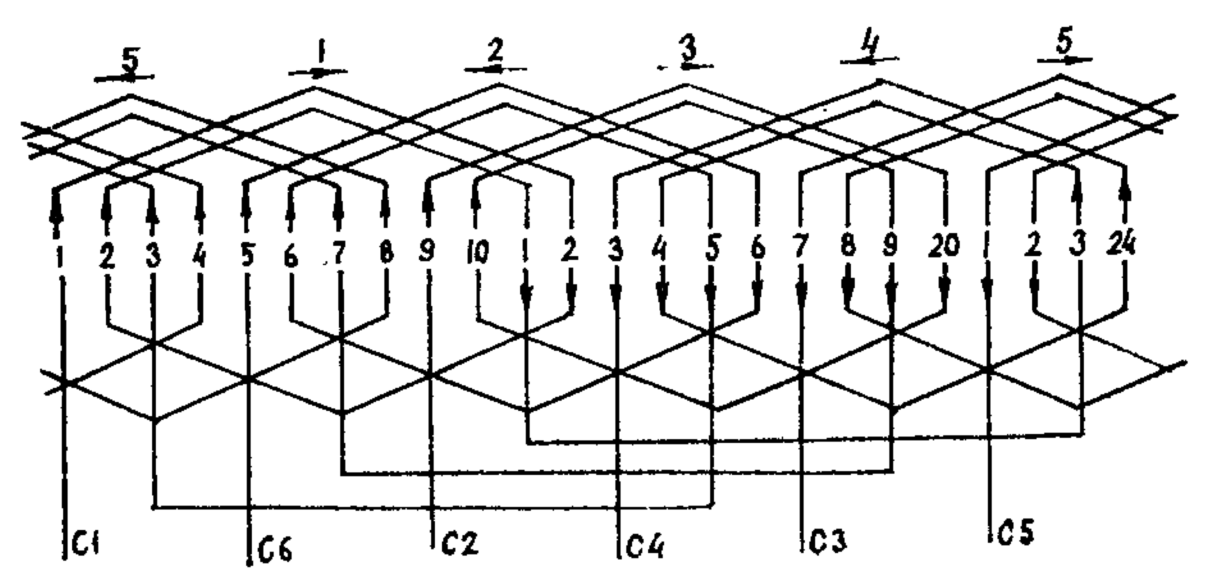
7.2. Однослойная обмотка «вразвалку»

Если в однослойной обмотке в катушечных группах разделить секции на две части и стороны их разместить рядом в фазах, то такая обмотка называется однослойной «вразвалку» (рис. 6, 7). При «развалке» шаг между сторонами секций уменьшается на число пазов, равных числу секций «развалки». Несмотря на то, что ширина между сторонами секций уменьшается, обмотка считается диаметральной, так как средний шаг остается равным полюсному делению (τ).

В однослойной равносекционной обмотке «вразвалку« при четном числе пазов на полюс и фазу расчетный шаг равен диаметральному шагу за минусом секций в «развалке» — $У_{раз.} = У_Д — 0,5q$ (рис. 6).



Р и с. 6 Схема однослойной равносекциоиной обмотки «вразвалку», КГ = 6, $Z = 24$, $2p = 2$, $q = 4 = 2+2$, $У = 10(1—11)$.



Р и с. 7. Схема однослойной концентрической обмотки «вразвалку», КГ = 6, $Z = 24$, $2p = 2$, $q = 4 = 2+2$, $У_1 = 11(1—12)$, $У_2 = 9(2—10)$.

В одиослойной концентрической обмотке «вразвалку» при четном числе пазов на полюс и фазу шаг по пазам определяется по диаметральному шагу. Левые стороны секций «развалки» укладываются в пазы 1, 2, 3 и т.д. Правая сторона большой секции попадает в паз, равный диаметральному (расчетному) шагу — $У_1 = (1—У_Д)$ (рис. 7). Меньшие секции располагаются рядом внутри.

При нечетном числе пазов на полюс и фазу обмотка «вразвалку» имеет половину катушечиых групп с четным числом и половину — с нечетным числом секций, при этом шаг секций будет разный. Обмотка «вразвалку» выполняется равносекционной (рис. 8) или концентрической (рис. 9).

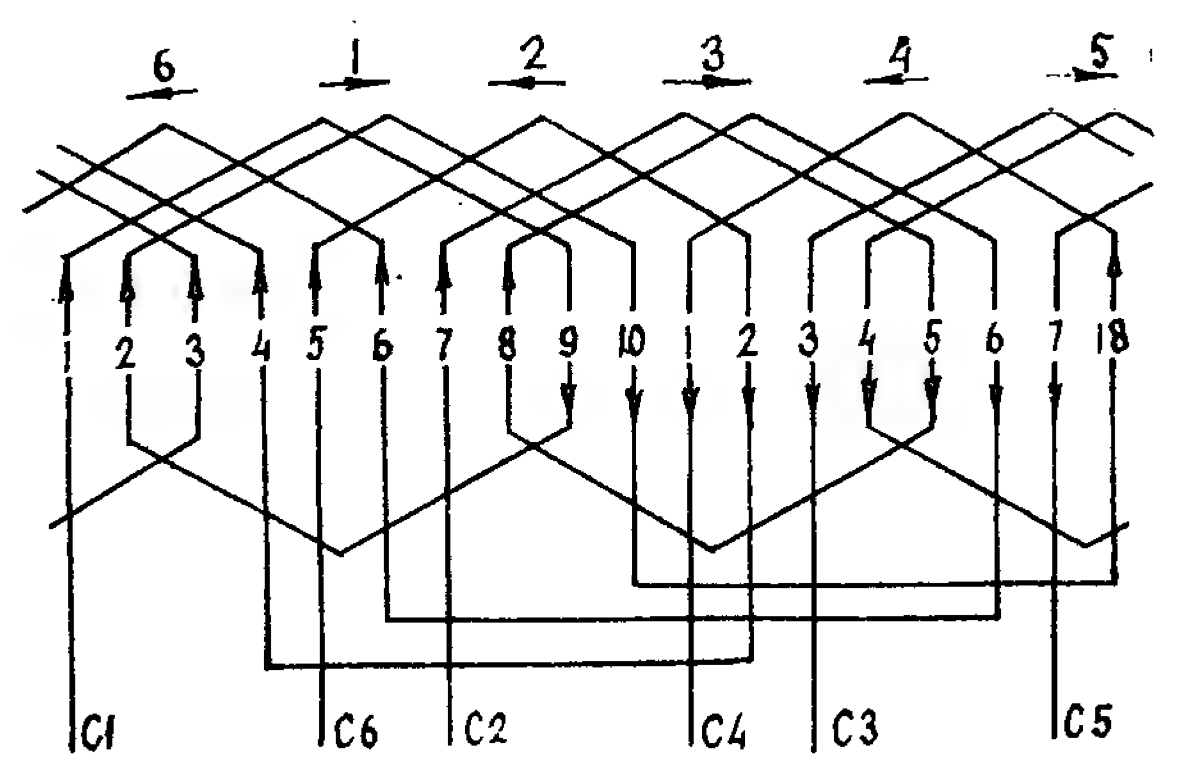


Рис. 8. Схема однослойной равносекционной обмотки «вразвалку», с нечетным $q = 3 = 2 + 1$, $Z = 18$, $2p = 2$, $У = 8(1—9)$ и $7(1—8)$, $КГ = 6$.

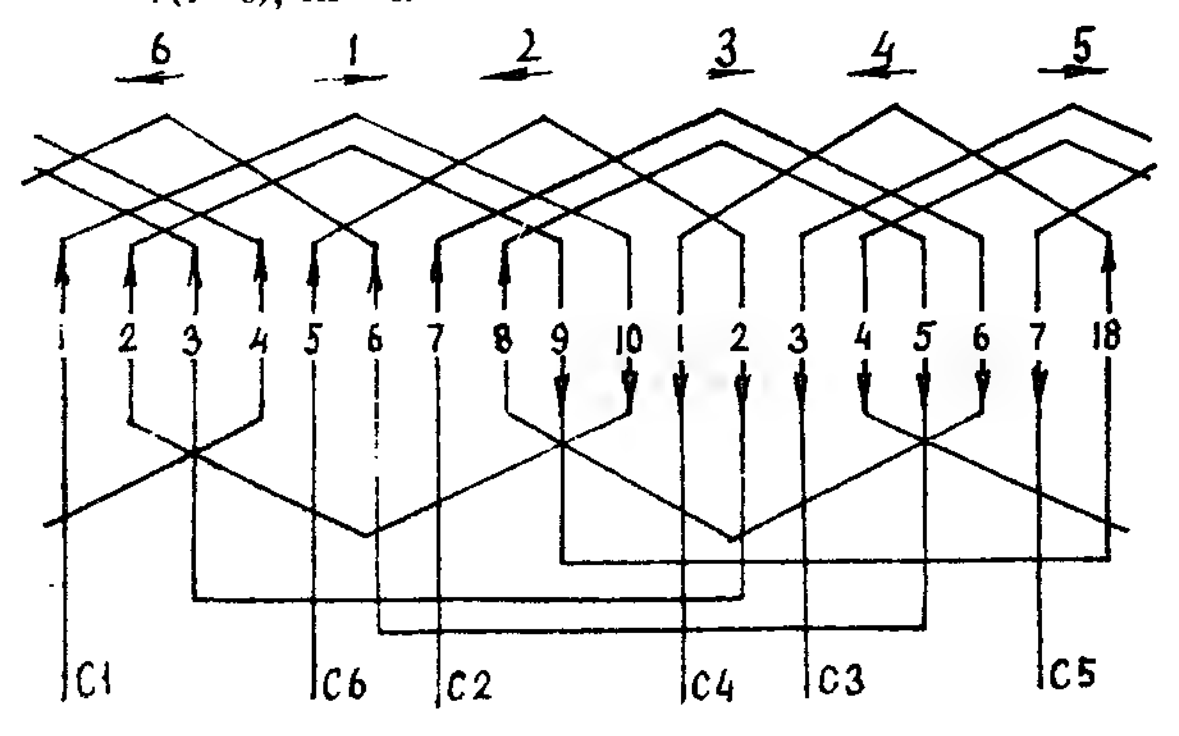


Рис. 9. Схема однослойной концентрической обмотки «вразвалку» с нечетным $q = 3 = 2 + 1$, $Z = 18$, $2p = 2$, $У_1 = 9(1—10)$, $У_2 = 7(2—9)$, $7(1—8)$, $КГ = 6$.

С нечетным числом пазов на полюс и фазу однослойную обмотку «вразвалку» можно выполнить комбинированной концентрическими секциями, с расчесанной секцией при $q = 3 = 1,5 + 1,5$ или при $q = 5 = 2,5 + 2,5$. В каждой

катушечной группе по одной секции делят пополам (расчесывают), располагая их внутри катушечных групп по отношению к полным секциям, при этом каждая сторона полусекции занимает половину паза (рис. 10, 11). (Все катушечные группы одинаковы.)

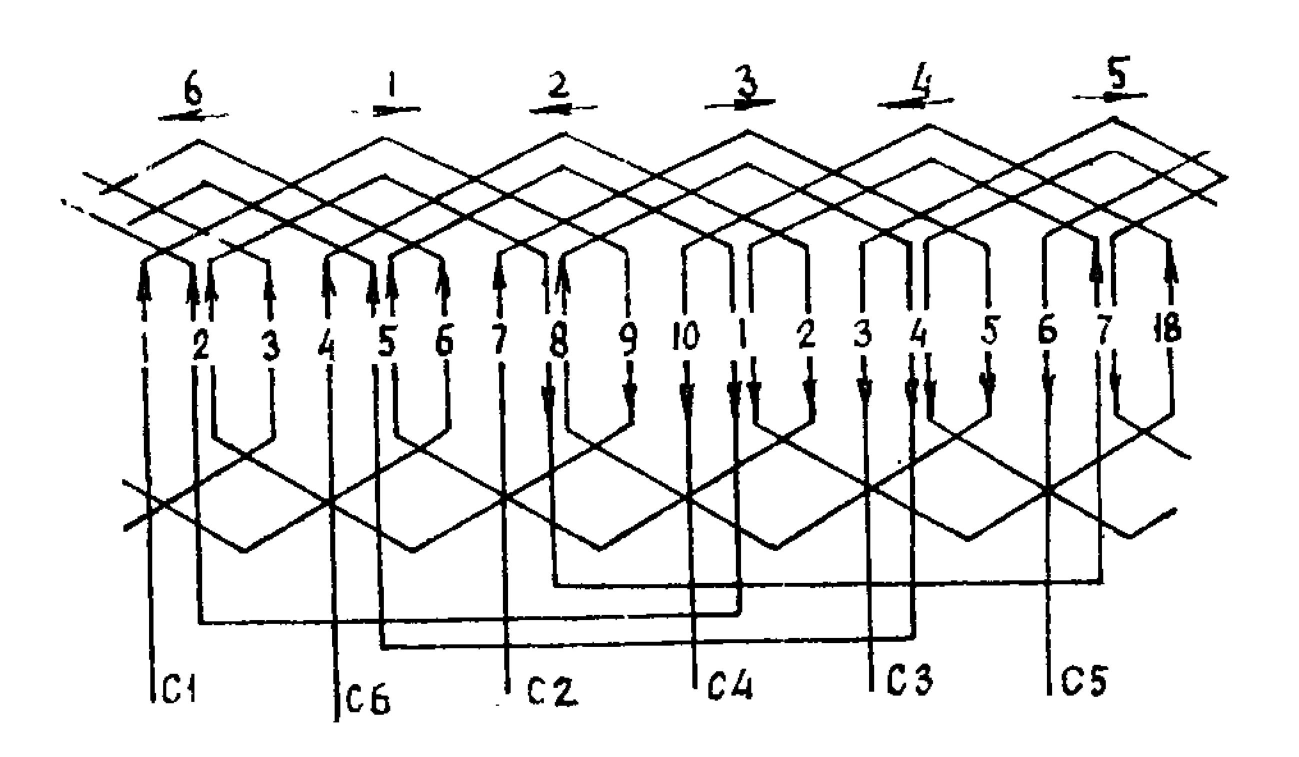


Рис.10. Схема однослойной концентрической обмотки «вразвалку» с расчесанной секцией (комбинированная обмотка), КГ = 6, с нечетным $q = 3 = 1{,}5 + 1{,}5$, $У_1 = 8(1—9)$, $У_2 = 6(2—8)$, $Z = 18$, $2p = 2$.

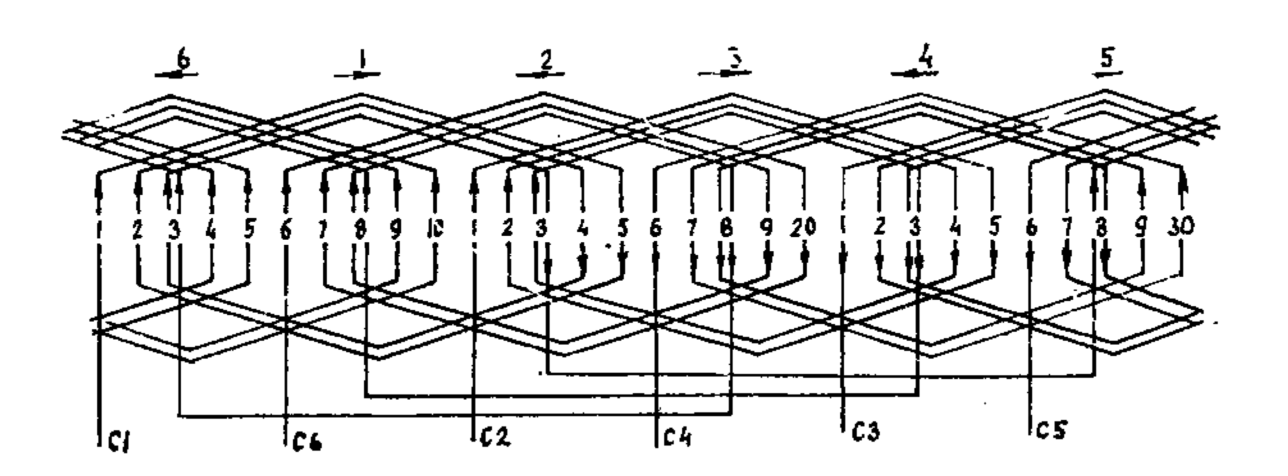


Рис.11. Схема однослойной концентрической обмотки «вразвалку» с расчесанной секцией (комбинироваиная обмотка) с нечетными $q = 5 = 2{,}5 + 2{,}5$, $Z = 30$, $2p = 2$, $У_1 = 14(1—15)$, $У_2 = 12(2—14)$, $У_3 = 10(3—13)$, КГ = 6.

7.3. Однослойная обмотка с дробным числом пазов на полюс и фазу

Дробное число означает, что одни катушечные группы имеют число секций, равное целому числу, а другие — на одну больше. Величина дроби определяет количество больших катушечных групп, а остальная часть дроби до целого числа определяет количество малых катушечных групп (от общего количества катушечных групп обмотки).

Однослойная обмотка с дробным числом пазов на полюс и фазу состоит из равных частей (периодов) одинакового чередования больших и малых катушечных групп, с количеством каждой в зависимости от величины дроби. Общее число периодов чередования в обмотке определяется количеством всех катушечных групп в обмотке, поделенное на число катушечных групп в одном периоде чередования (знаменатель).

Знаменатель дроби указывает количество всех катушечных групп, а числитель — количество больших катушечных групп в одном периоде чередования. Число малых катушечных групп в одном периоде чередования равно числу всех катушечных групп без больших (разница между числами — знаменателя и числителя), см.рис.12,13.

Например, при $Z=48$ и $2p=10$, $q=1^3/_5$, значит, на рис.12 КГ должны иметь по одной и по две секции. Количество катушечных групп в фазе равно числу пар полюсов

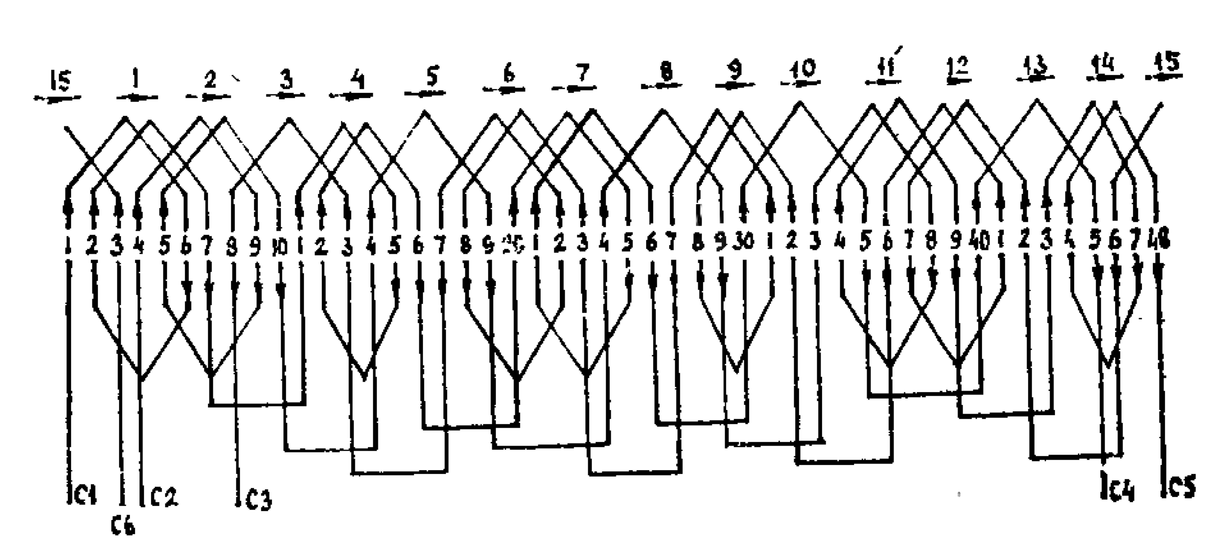


Рис.12. Схема однослойной разносекционной обмотки с дробным $q=1{,}6=1^3/_5=1$ и 2, КГ $=15$, $Z=48$, $2p=10$, $У=5(1-6)$ и $4(1-5)$.

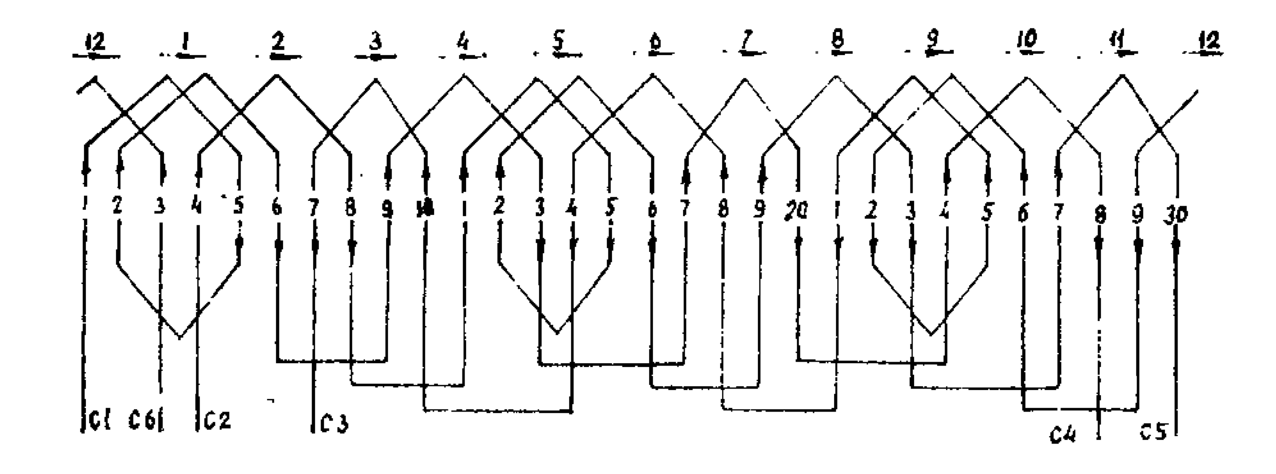


Рис.13. Схема однослойной разиовекционной обмотки с дробными $q = 1{,}25 = 1^1/_4 = 1$ и 2. $Z = 30$, $2p - 8$, У 4(1—5) и 3(1—4), КГ = 12.

КГФ = 5, а всей обмотке — КГ = 5 • 3 = 15, из них двоек будет — $^3/_5$ • 15 = 9, а единиц — 2/5 • 15 = 6. Число перидов будет — 15:5 = 3. В одном периоде чередования всех катушечных групп будет 5 (знаменатель), из них двоек будет 3 (числитель) и единиц будет 5—3 = 2. Порядок чередования в каждом периоде больших и малых катушечных групп зависит от величины дроби.

Если числитель дроби равен единице или на единицу меньше знаменателя 1/2, 1/4, 1/5, 1/8, 1/10, 3/4, 4/5, 7/8, 9/10, то порядок чередования безразличен. С каких начинать укладку — с больших или меньших катушечных групп (по порядку больших, а потом малых или наоборот), не имеет значения (рис.13).

Если дробь имеет сложную величину 2/5, 3/5, 3/6, 3/10, 5/8, 7/10 (рис.12), то порядок чередования можно определить с помощью составления клеточной таблицы. По горизонтали идут клетки с количеством равным числу всех катушечных групп в одном периоде чередования (знаменатель), а по вертикали — клетки с количеством, равным числу больших катушечных групп (числитель). Любое чередование из трех (по горизонтали) будет правильным после заполнения клеток по вертикали сверху вниз, начиная слева сначала большими, а потом малыми катушечными группами по периодам.

Начертим клетки и заполним их, проиллюстрировав примером (рис.12):

2	1	2	1	2
2	1	2	2	1
2	2	1	2	1

Все три порядка чередования по существу одинаковы, только начинаются с больших катушечных групп разного размещения, это говорит о том, что укладку можно начинать с любой катушечной группы, но продолжать, как указано в пределах периода, и повторять снова по круговороту. Например, правильное чередование будет, если в верхней строке начнем с первой единицы — 1 2 1 2 2, 1 2 1 2 2, 1 2 1 2 2.

Помимо приведенных дробных чисел пазов на полюс и фазу встречаются дробиые числа со зиаменателем, равным трем, ио при этой дробности получается значительно большая несимметричность обмоток, поэтому наши заводы не выпускают таких электродвигателей. Это возможно при $2p=6$ и $Z=24$, 48, 60, когда $q=1^1/_3$, $2^2/_3$, $3^1/_3$.

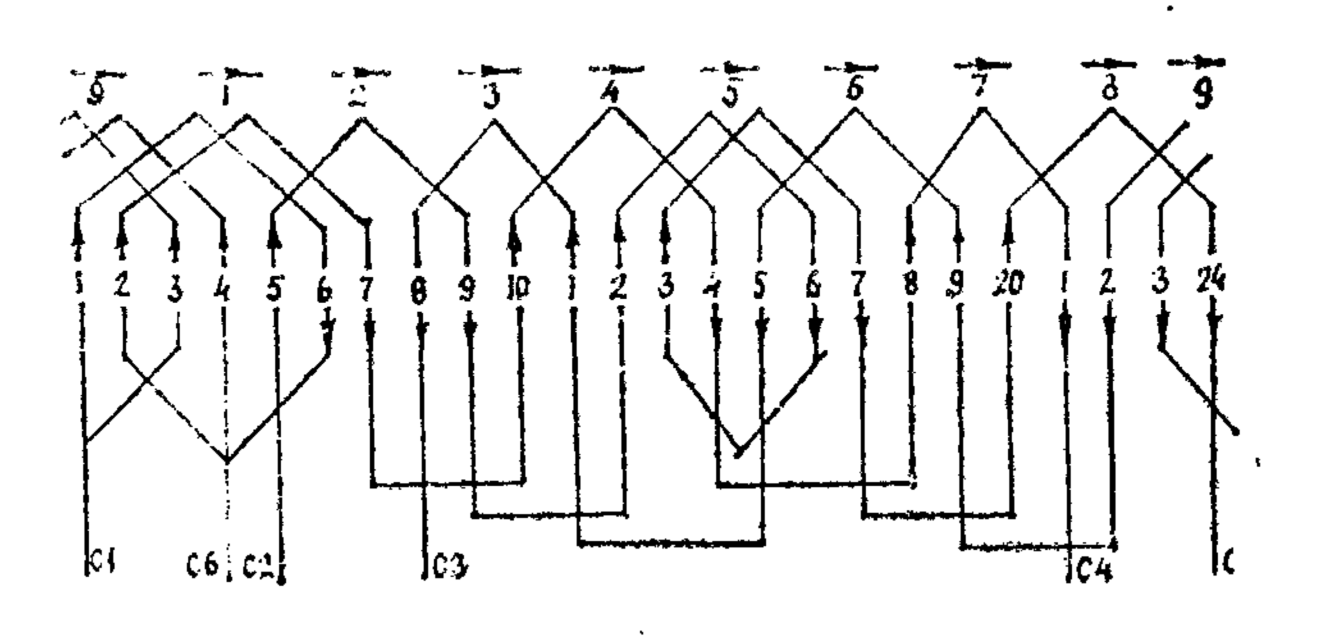


Рис.14. Схема однослойной разиосекционной обмотки, КГ=9, с дробиым $q=1{,}3=1^1/_3=1$ и 2, $Z=24$, $2p=6$, $У=5(1-6)$ и $4(185)$ и $3(1-4)$.

Порядок чередования укладки должен быть таким, чтобы в каждой фазе располагалось одинаковое количество больших и малых катушечных групп: в первом случае чередование будет 2 1 1, 1 2 1, 1 1 2; во втором — 2 3 3, 3 2 3, 3 3 2; в третьем — 4 3 3, 3 4 3, 3 3 4.

Практика показала, что в единичных случаях замену обмотки можно производить и на такие параметры. Электродвигатели работают нормально, как и с любым другим дробным числом пазов на полюс и фазу (рис.14).

В однослойных обмотках с дробным числом пазов на полюс и фазу несмотря на то, что катушечные группы имеют разное число секций, они считаются все полными (сосредоточенными в лобовых частях) и могут выполняться равносекционными или концентрическими. При наличии катушечных групп с разным числом секций шаги их будут различны, что усложняет выполнение обмотки.

С дробным числом пазов на полюс и фазу $q = 1{,}5$ и $q = 2{,}5$ полными секциями при нечетном общем количестве малых и больших катушечных групп однослойные обмотки невыполнимы. Это бывает, когда электродвигатель предусмотрен шестиполюсным $2p = 6$, а статор имеет число пазов $Z = 27$ или $Z = 45$.

Так как общее количество больших и малых катушечных групп имеет нечетное число КГ = 9, то в этом случае при укладке обмотки в статоре остается свободным паз или одного паза не хватыет. Зависит это от того, каких катушечных групп будет больше — малых или больших. При этих параметрах обмотку можно выполнить с полусекциями: при $Z = 27$ — полными катушечными группами $q = 1{,}5$ (рис.15), а при $Z = 45$ или полными катушечными группами $q = 2{,}5$ (рис.16) или «вразвалку» — $q = 2{,}5 = 1 + 1{,}5$ (рис.17). Такие обмотки подобны одно-двухслойным, но так как они имеют диаметральный шаг, то ближе к обмоткам комбинированным с расчесанной секцией, как на рис. 10, 11 и называть их можно однослойными обмотками с полусекцией или полутораслойными.

В однослойных обмотках «вразвалку» с целым или дробным числом пазов на полюс и фазу стороны секций и полусекций считаются рядом в одной своей фазной зоне, несмотря на то, что у полусекций стороны находятся в одном пазу. Однослойная обмотка «вразвалку» в сравнении с простой однослойной позволяет экономить 3-5 процентов обмоточного провода, тогда как все электрические и магнитные характеристики их остаются одинаковыми.

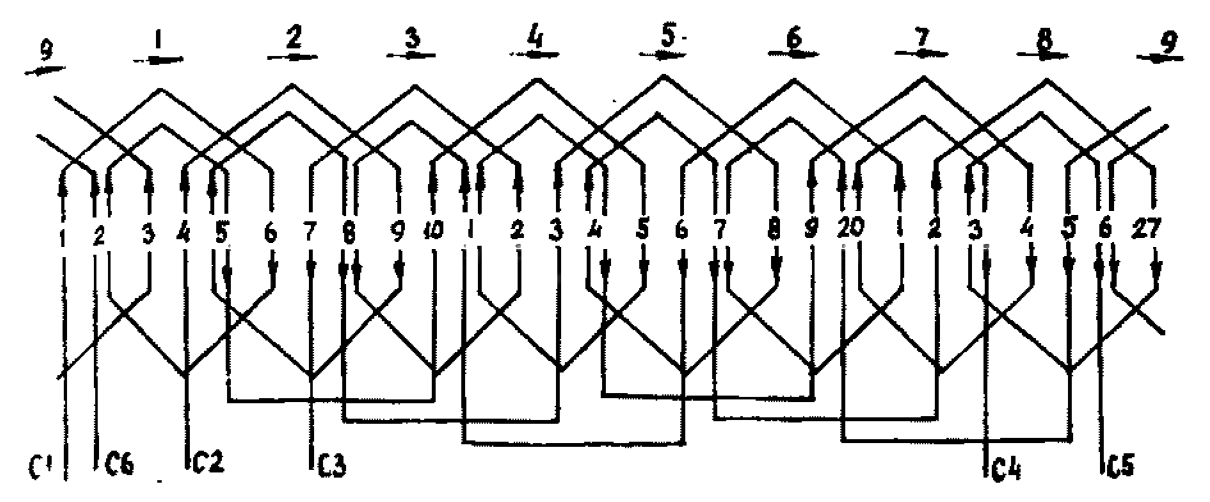


Рис.15. Схема однослойной с наличием полусекции (полутораслойиой) концентрической обмотки с дробным $q = 1{,}5 = 1^1/_2$, $2p = 6$, $Z = 27$, $У_1 = 5(1-6)$, $У_2 = 3(2-5)$, $КГ = 9$.

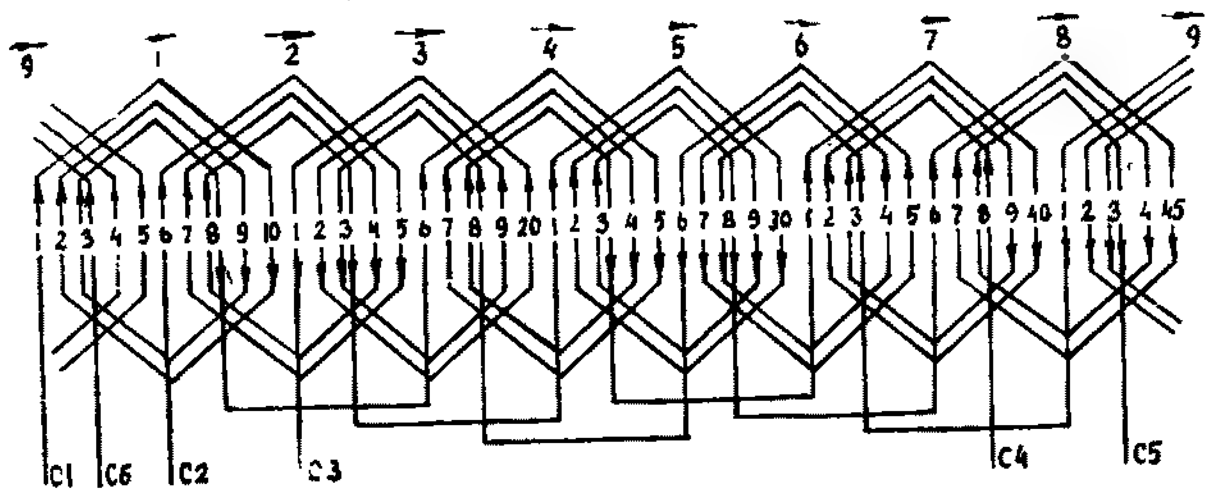


Рис.16. Схема однослойиой с наличием полусекции (полутораслойиой) концентрической обмотки с дробным $q = 2{,}5 = 2^1/_2$, $Z = 45$, $2p = 6$, $КГ = 9$, $У_1 = 9(1-10)$, $У_2 = 7(2-9)$, $У_3 = 5(3-8)$.

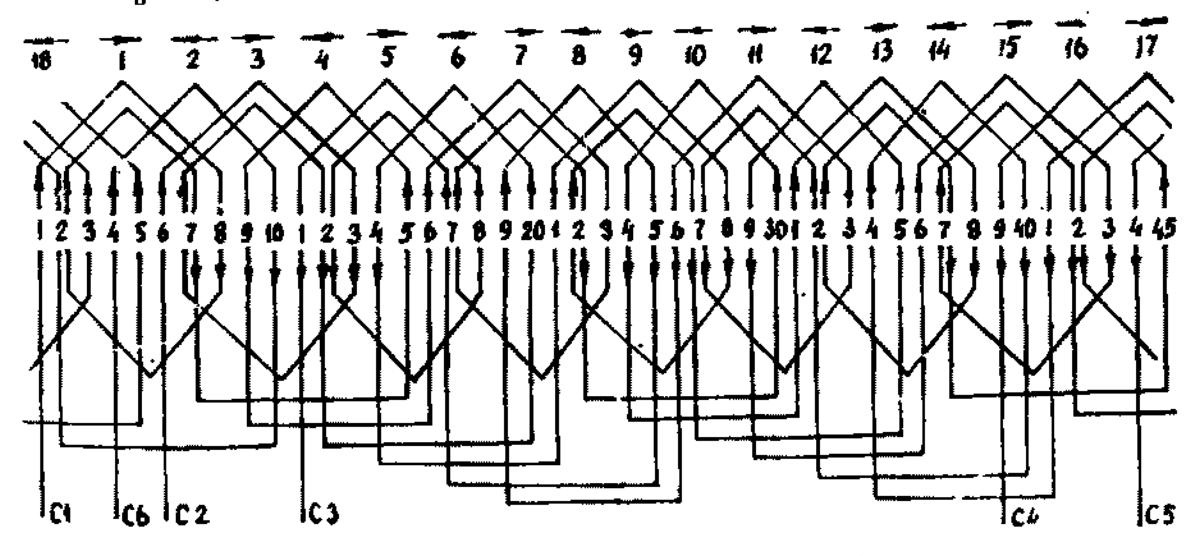


Рис.17. Схема одиослойной концеитрической обмотки с наличием полусекции (полутораслойиой) «вразвалку» с дробиым $q = 2{,}5 = 1 + 1{,}5$, $Z = 45$, $2p = 6$, $КГ = 18$, $У_1 = 7(1-8)$, $У_2 = 5(2-7)$ и $У = 6(1-7)$.

7.4. Распределение обмотки по пазам

Переменный ток, протекая по обмотке, создает магнитный поток, который более эффективен при синусоидальной форме кривой. Так как одновременно возникают нечетные гармоники (а при дробном q и четные), то

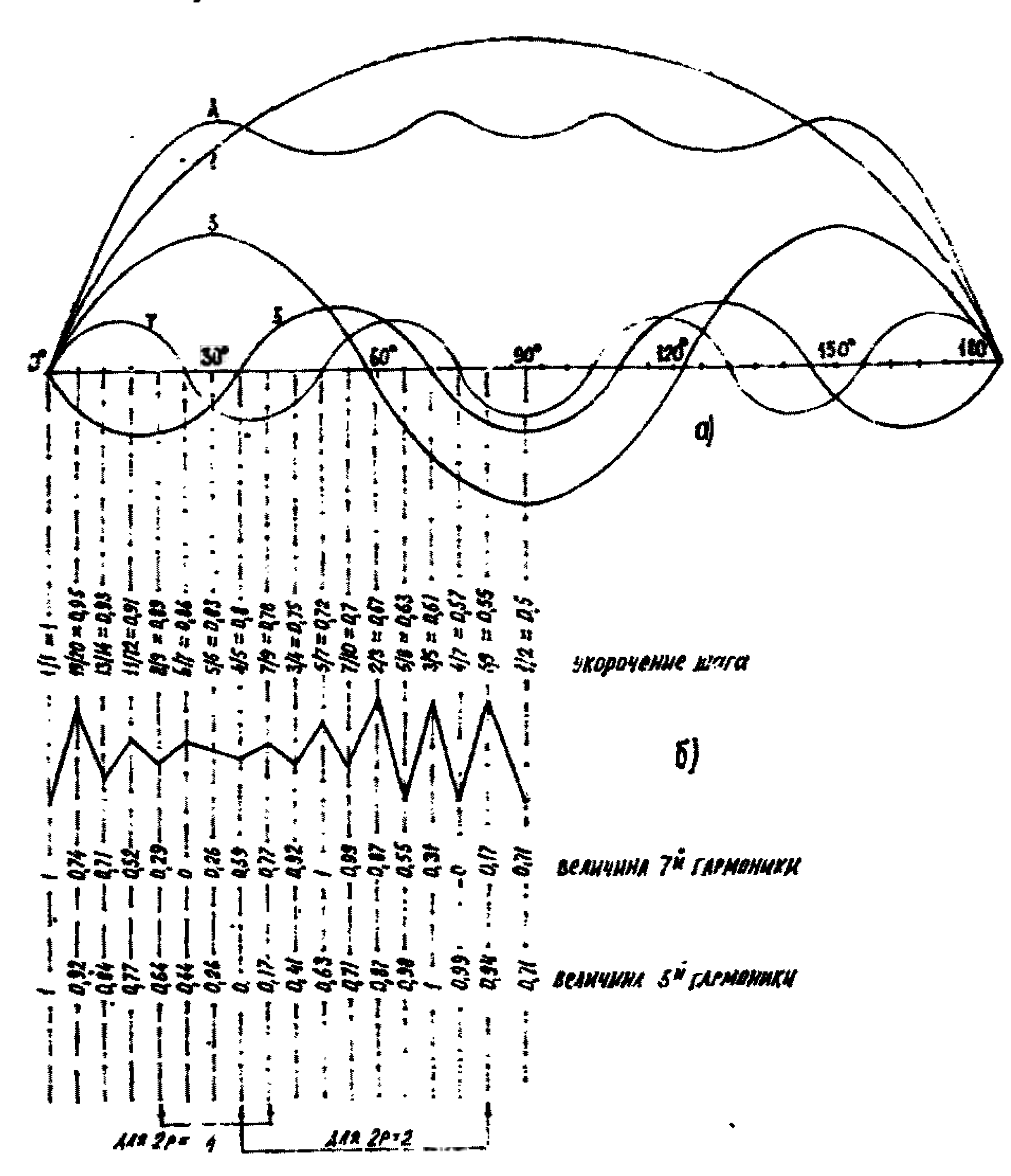


Рис.18. Влияние нечетных гармоник на основную кривую магнитного потока:

а) распределение магнитного потока в воздушном зазоре;
б) совмещенная кривая относительного воздействия нечетных гармоник на основной магнитный поток в зависимости от укорочения шага обмотки.

происходит искажение основной (первой) кривой магнитного потока, что ведет к дополнительным потерям. На рис. 18а приведены кривые магнитиого потока:

А — кривая с иаличием гармоник (седлообразиая);

$V=1$ — кривая без воздействия гармоник (сииусоидальная);

$V=3{,}5{,}7$ — кривые нечетиых гармоник.

В однослойной диаметральной обмотке при $q=1$ нечетные гармоники оказывают полное вредное влияиие иа основную кривую магиитного потока, так как коэффициент распределения обмотки $K_{p\,1,3,5,7}=1$. За счет распределения обмотки с увеличением числа пазов на полюс и фазу уменьшаются все нечетные гармоники. Их величиия определяется коэффициентом распределения обмотки

$$K_{pV_{3,5,7}}=0{,}5:(V\cdot q\cdot \sin 30°/q).$$

При $q=2$-8 все нечетиые гармоники, в том числе 5-я и 7-я, уменьшаются до 0,259 — 0,141, а 3-я — до 0,707 — 0,644, тогда как основной магнитный поток уменьшается незначительно — до 0,966 — 0,956. Увеличеиие числа пазов на полюс и фазу обычно предусматривается заводами-изготовителями за счет увеличения пазов статора, а при ремонте электродвигателя с заменой обмотки за счет уменьшения числа полюсов статора, например имеет $Z=72$, сечеиие спинки у него предусмотрено на $2p=6$, но выполнен на $2p=8$, $q=3$.

При необходимости, пересчитывая обмотку иа $2p=6$, получим $q=4$, а зиачит, улучшенную кривую магнитного потока.

Чем больше ширина нечетных гармоник, тем большее вредное влияние оказывается на основную кривую магнитного потока. Поэтому в первую очередь стремятся их уничтожить.

Трехфазную обмотку можно выполнить с фазной зоной в 60 или в 120 электрических градусов, но обычно берется первая — 60 градусов, так как в этом случае получается лучший (больший) коэффициент распределения обмотки, поэтому требуется в 1,15 раза меньшее число витков в фазе. Расход провода при этом снижается на 15 процентов. Трехфазная обмотка с 60-градусной фазной зоной обладает свойством, при котором 3-я гармоника не проявляется (уничтожается) включением обмотки в звезду или треугольник, но предпочтение имеет звезда, так как в этом случае напряжение фаз и ЭДС

3-й гармоники имеют противоположные знаки и направлены друг другу навстречу.

При включении обмотки в треугольник для ЭДС 3-й гармоники образуется замкнутая цепь, в которой циркулирует ток тройной частоты, и ЭДС уравновешивается (уничтожается) падением напряжения сети за счет сопротивления цепи, в результате чего из-за нагревания обмотки возникают дополнительные потери, уменьшается КПД электродвигателя. Наличие скоса пазов в статоре позволяет незначительно улучшить кривую магнитного потока и уменьшить вредное влияние зубцовых гармоник на кривую пускового момента.

Несмотря на все принимаемые меры, при однослойной обмотке нельзя добиться синусоидальной формы кривой магнитного потока, а значит, и улучшения технических характеристик электродвигателя.

8. Цепная обмотка

Эта обмотка выполняется, как и однослойная равносекционная «вразвалку», но отличие состоит в том, что стороны секций в катушечных группах располагаются не рядом, а заходят друг за друга через одну (подобно звеньям цепи), рис.19. При таком расположении часть сторон секций попадает в чужие зоны, что позволяет производить укорочение шага, поэтому цепная обмотка считается как бы промежуточной между однослойной и двухслойной.

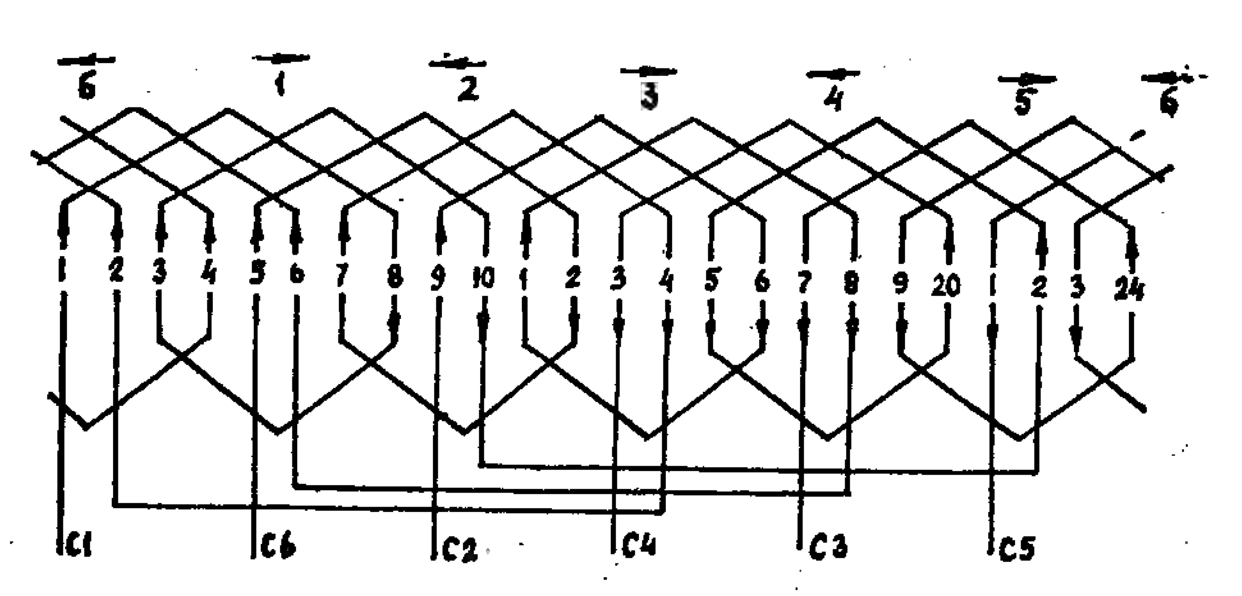


Рис.19. Схема цепной обмотки Z = 24, 2p = 2, q = 4 = 2 + 2, У = 7 (1—8), КГ = 6.

Одновременно с равноценным качеством она обладает преимуществами и недостатками двухслойной обмотки.

Равноценность — наличие одинакового количества катушечных групп и эффективных проводников в пазу статора, равный расход обмоточного провода, равнозначные коэффициенты укорочения шага и характеристики, а также приблизительно одинаковый вылет лобовой части обмотки.

Преимущества — имеет в 2 раза меньшее количество секций, лучшее заполнение пазов проводом и уменьшенный расход изоляционного материала, так как стороны секций занимают полностью пазы, при этом не требуются межсекционные пазовые прокладки, отсутствует необходимость выполнения обмотки с закрытым шагом, что одновременно снижает трудоемкость.

Недостатки — укороченный шаг может быть принят только нечетным, число пазов статора должно быть кратным шести. При нечетном и дробном числе пазов на полюс и фазу образуется несимметричное магнитное поле, чего необходимо избегать, кроме того лобовая часть обмотки толще.

Несмотря на преимущества, наличие недостатков ограничивает применение цепной обмотки по сравнению с двухслойной, поэтому она встречается в старых типах двигателей, а ремонтники применяют ее только всыпной, в основном для двигателей на 3000 об/мин, взамен двухслойной с нечетным укороченным шагом, с целью повышения производительности труда.

9. ДВУХСЛОЙНАЯ ОБМОТКА

9.1. Двухслойная равносекционная и концентрическая обмотка

Как и в однослойной, двухслойная обмотка имеет одинаковую фазную зону, стороны секций (катушек) располагаются рядом. Так, как секции заготовляются в половину меньшим числом витков, то количество катушечных групп будет в два раза больше (рис.20, 21).

Двухслойная обмотка выполняется равносекционной или концентрической и после укладки в пазы статора представляет как бы две обмотки с верхним и нижним слоями, которые при диаметральном шаге располагаются в одних и тех же пазах, а при укороченном шаге

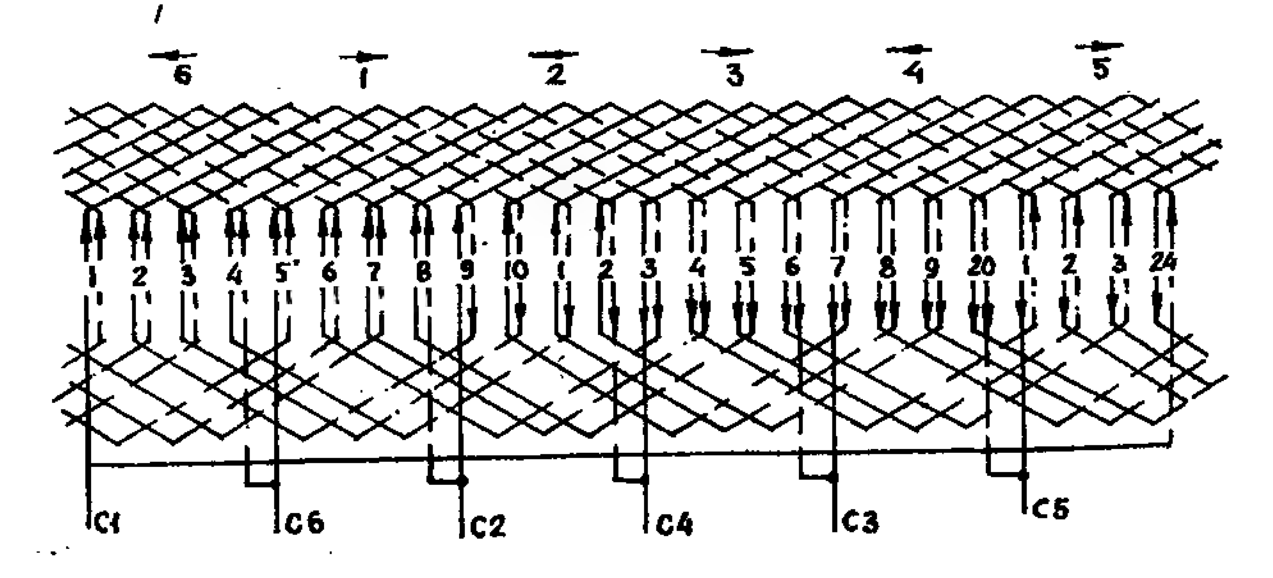


Рис.20. Схема двухслойиой равносекционной обмотки Z = 24, 2p = 2, q = 4, У = 8 (1—9), КГ = 6, $a = 2$.

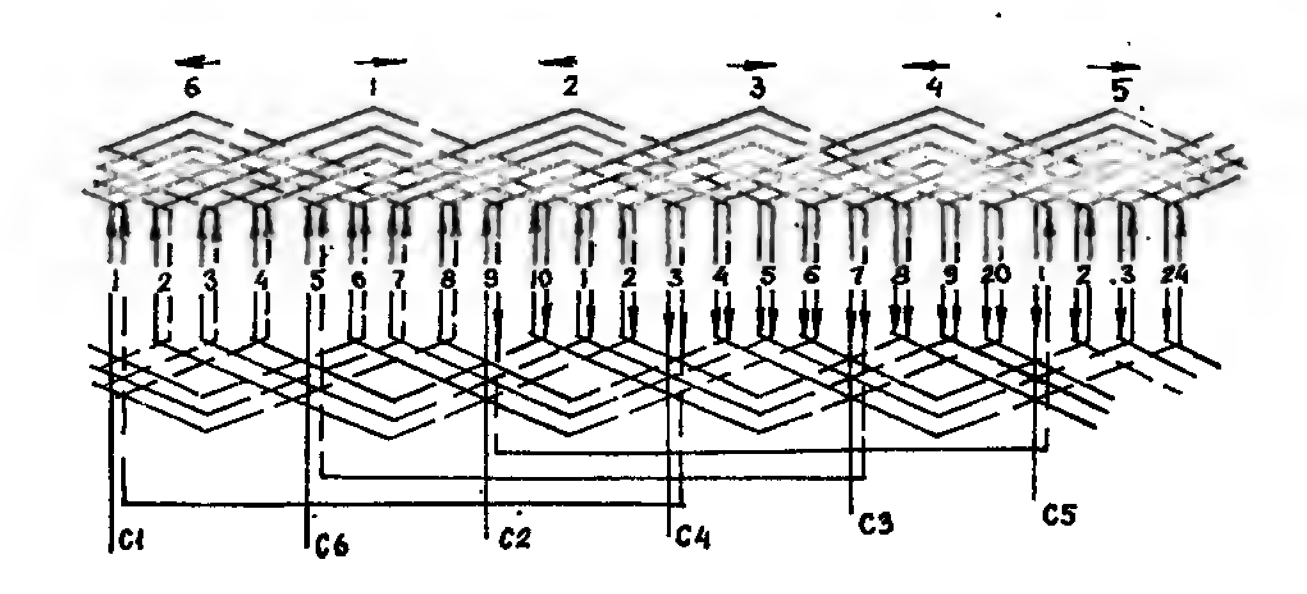


Рис.21. Схема двухслойной концентрической обмотки КГ = 6, Z = 24, 2p = 2, q = 4, $У_1$ = 11 (1—12), $У_2$ = 9 (2-11), $У_3$ = 7 (3—10). $У_4$ = 5 (4—9).

сдвииуты относительно друг друга, за счет чего некоторые стороны секции катушечных групп заходят в пазы чужих фазных зон.

Как в однослойной обмотке, так и в двухслойной, распределением обмотки можно только уменьшить вредное влияние нечетных гармоник. Для полного их уничтожения производят укорочение шага — $У_у = ß \cdot У_д$, за счет чего улучшается кривая магнитного потока. Практическое укорочение шага (ß) есть отношение фактического укороченного шага ($У_у$) к диаметральному ($У_д$). Так как 3-я гармоника уничтожается включением обмотки в звезду или треугольник, то остаются более сильно влия-

ющие на искажение кривой поля 5-я и 7-я гармоники по сравнению с малыми нечетными и всеми четными гармониками.

Теоретически полное уничтожение любой гармоники достигается укорочением шага на одиу ее часть. для 5-й, ß = 4/5 = 0,8; при этом 7-я уменьшается до 0,59, а для 7-й, ß = 6/7 = 0,96; 5-я при этом уменьшается до 0,44. Среднее укорочеиие ß = 5/6 = 0,83; при котором обе гармоники уменьшаются до 0,26.

Даже при несинусоидальной форме кривой напряжения сети за счет укорочения шага обмотки в электродвигателе кривая магнитного потока приближается к синусоидальной форме, что улучшает его характеристики, в том числе и пусковую. Для электродвигателей 2р ≥ 4 наивыгоднейшее укорочение шага обмотки находится в пределах от ß = 6/7 = 0,86 до ß = 4/5 = 0,8. Но практически при конструировании обмотки такое укорочение шага возможно только при числе пазов на полюс и фазу q = 1,25—2—2,5—4 и 5.

Если число пазов на полюс и фазу q = 1,5—2,25 и 3, то из-за соотношения количества пазов статора и числа полюсов укорочение шага обмотки в пределах ß = 0,86—0,8 получить вообще невозможно, поэтому при 2р ≥ 4 выпускают электродвигатели со значительно расширенным диапазоном укорочения шага от ß = 8/9 = = 0,89 до ß = 7/9 = 0,78. В этом случае нечетные гармоники уменьшаются: при укорочении шага ß = 0,89—5-я до 0,64 и 7-я до 0,29, а при укорочении шага ß = 0,78— 5-я до 0,17 и 7-я до 0,77. Такое укорочение является менее эффективным. В этом случае характеристики улучшаются незначительно, но все же обеспечивается нормальная работа электродвигателей.

Из кривой совмещенных 5-й и 7-й гармоник (рис.18б) видно, что наивыгоднейшей точкой укорочения является ß = 5/6 = 0,833, а при отклонении в обе стороны на одну и ту же величину укороченного шага постепенно (приблизительно одинаково) кривая магнитного потока ухудшается, так как воздействие 5-й и 7-й гармоник увеличивается. Это можно выразить так: от укорочения шага попарно одного или другого значения (0,86 или 0,8), (0,89 или 0,78) и так далее 5-я и 7-я гармоники на кривую магнитного потока оказывают одинаково нарастающее воздействие, но с противоположными знаками, при этом обмоточные коэффициенты их будут различны по вели-

чине. Учитывая изложенное, в электродвигателях с числом пазов иа полюс и фазу q = 3, заводы принимают укорочение шага или ß = 8/9 = 0,89, или ß = 7/9 = 0,78, выбор зависит от величииы обмоточиого коэффициеита, при котором расчетное число эффективных проводииков будет целым или близким к иему.

При дальнейшем отклонении укорочения шага в обе стороны от 0,89 или 0,78 эффективность почти исчезает, а при укорочеиии шага ß = 2/3 = 0,67, так же, как и при диаметральном шаге (ß = 1), 5-я и 7-я гармоиики оказывают полное вредное влияние на кривую магнитного потока, тогда как укорочение шага ß = 2/3 = 0,67 полностью уничтожает третью гармоику и гармоники, кратиые ей.

Величииа амплитуды любой гармоники ($V_{3, 5, 7}$), как и основиой кривой магнитиого потока (V_1) при укорочении шага на величииу (ß), определяется обмоточным коэффициеитом укорочения (K_{yV})

$$K_{yV} = V \cdot \sin ß 90° = V \cdot \sin(У_y \cdot 90°/У_д) =$$
$$V \cdot \sin(У_y \cdot 30°/q).$$

Отиосительиое воздействие гармоник (ОВГ) на осиовную кривую магнитиого потока при укорочеиии будет ОВГ $= K_{yV}/K_{V_1}$. Общий обмоточный коэффициент $K_{pyV} = K_{pV} \cdot K_{yV}$.

Для электродвигателей 2р = 2 укорочеиие шага приимается в пределах от ß = 5/6 = 0,83 до ß = 5/9 = 0,55, при этом чем большая мощность электродвигателя, тем короче принимается шаг обмотки.

Так, при 2р = 2 с Z = 36 заводы прииимают $У_y$ = 11, 12, 13, 14, 15.

Из применяемых укорочеиных шагов видно, что при 2р = 2 в большинстве случаев действие 5-й и 7-й гармоник не принимается во вниманиие, за исключением некоторых мелких электродвигателей. Связано это с тем, что, во-первых, при 2р = 2 иевозможно образовать в обмотке более двух параллельиых ветвей, поэтому для уменьшения сечения обмоточного провода в электродвигателях большей мощиости рассчитывают обмотку соедииением фаз в треугольник, при котором 3-я гармоника зиачительио снижает коэффициеиты полезного действия (КПД) из-за потерь в меди. Для ее уничтожения принимается укорочение шага ß = 2/3 = 0,67 или близкое к этому. Во-вторых, если фазы соединяются в звезду, при которой отсутствуют потери в меди от 3-й

гармоники, то при укорочении 0,86—0,8 затруднено выполнение обмотки с большим шагом, а также перерасходуется обмоточный провод. В-третьих, 5-я и 7-я гармоники значительно снижают свое действие (гасятся) от большого числа секций в катушечных группах (за счет распределения обмотки), поэтому даже при $2p=4$ с $Z=60$, $q=5$ заводы принимают шаги не только 12 и 13, но и 11, при котором $\beta=0,73$.

Значит, при конструировании обмотки принимается во внимание не только шаг, а в основном экономия меди, электроэнергии (улучшением cosφ и КПД), уменьшение трудоемкости и т.д. Улучшение же запуска электродвигателей достигается за счет соотношения пазов ротора и статора, в связи с чем можно встретить крупные электродвигатели с обмоткой диаметрального шага.

(В табл.3 приведены данные укорочения шага, принимаемые на заводах-изготовителях электроодвигателей). Это говорит о том, что, несмотря на разное улучшение кривой МДС и поля, можно принимать или изменять укорочение в пределах возможного, а тем более в единичных случаях, когда ремонтники заменяют вышедшую из строя обмотку, соответственно изменив число проводников в пазу статора в обмоточный коэффициент. Такая необходимость возникает при избавлении от разновитковых секций или когда секции ошибочно заготовлены с отклонением от длины среднего витка (для сохранения необходимого вылета лобовой части обмотки). В основном же необходимо придерживаться данных заводов-изготовителей.

Одновременно с улучшением кривой магнитного потока двухслойная обмотка с укороченным шагом уменьшает индуктивное (реактивное) сопротивление, что является преимуществом перед однослойной обмоткой. Объясняется это следующим образом.

При укорочении шага катушек (секций) в некоторых пазах верхних и нижних слоев протекает ток различных фаз. А это приводит к тому, что общий объем тока паза (сумма произведений из мгновенных значений тока на число проводников верхнего и нижнего слоев) будет меньше, чем это было бы при однослойной обмотке. Уменьшение мгновенных значений тока влечет за собой уменьшение магнитного потока, вызываемого этим током, а это в свою очередь уменьшает индуктивное сопротивление (ЭДС самоиндукции, поделенной на ток).

Кроме того, с сокращением шага в лобовой части укорачиваются проводники, а значит и уменьшается магнитный поток, сцепляемый с лобовыми частями катушек, что также влечет к снижению индуктивного сопротивления. За счет снижения индуктивного сопротивления улучшаются коэффициенты полезного действия и мощности, а также тепловой режим. Несмотря на увеличенное число проводников в пазу (на обмоточный коэффициент укорочения — $К_у$), при двухслойной обмотке за счет уменьшения лобовых частей обмотки по сравнению с однослойной обмоткой на 10—15 процентов снижается расходование провода.

Одновременно с перечисленными положительными явлениями имеются и отрицательные. Из-за наличия двух слоев и расположения сторон секций в некоторых пазах от различных фаз устанавливаются во всех пазах межсекционные прокладки. Снижение заполнения пазов и укладка последних секций с закрытым шагом (под замок) создают большие неудобства, а наличие двойного числа катушечных групп увеличивает объем работ за счет их намотки, укладки, чистки концов, пайки и изолирования. Даже если обмотки выполняются целыми фазами (без паек), все равно по трудоемкости двухслойные обмотки значительно выше, чем однослойные. При повреждении отдельных секций в двухслойной обмотке их невозможно удалить, приходится полностью заменять обмотку.

В даухслойной концентрической обмотке с целым числом пазов на полюс и фазу шаги секций по пазам определяются так же, как и при однослойной концентрической обмотке, но не по диаметральному, а по принятому укороченному шагу. Левые стороны секций (катушек) укладываются в условно принятые номера пазов 1, 2, 3 и т.д., а правая сторона большой секции должна располагаться в паз на расстоянии принятого шага в сумме с числом пазов на полюс и фазу.

$$У_1 = У_у + q.$$

Остальные правые стороны (меньших секций) размещаются рядом внутри.

При дробном числе пазов на полюс и фазу в двухслойной обмотке определение числа периодов и порядок чередования больших и малых катушечных групп отличаются только тем, что количество катушечных групп в два раза больше, чем в однослойной обмотке.

9.2. Двухслойная обмотка с расчлененными катушечными группами

Такая обмотка выполняется при четном q из концентрической двухслойной путем деления катушечных групп на две равные части, соединенные непрерывно. Расчленение катушечных групп позволяет уменьшить шаги секций на половину числа пазов на полюс и фазу, обмотка распределяется более равномерно и компактно, чем достигается уменьшение вылета лобовой части, а значит, — экономия провода.

Несмотря на эти преимущества, из-за громоздкости шаблонов и сложности заготовки и укладки обмотка с расчлененными катушечными группами применяется редко. На рис.22 приведена двухслойная концеитрическая обмотка, где за счет расчленения катушечных групп шаги уменьшены на два паза.

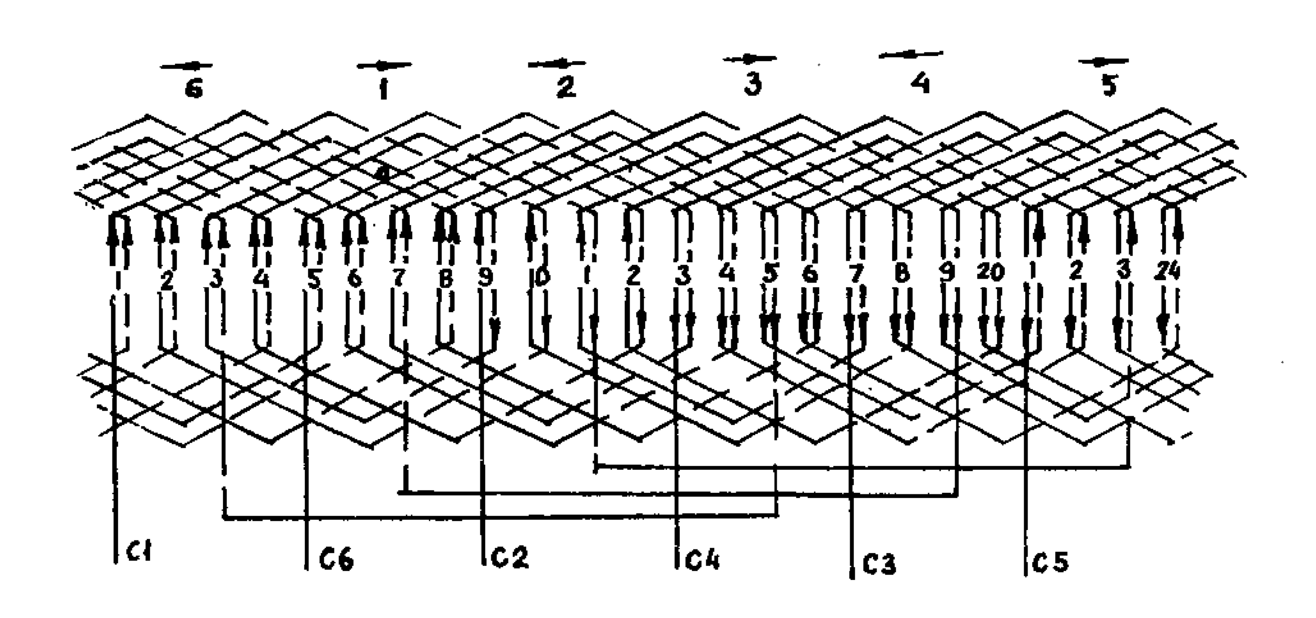


Рис.22. Схема двухслойиой концентрической обмотки с расчлеиенными КГ = 6, $q = 4 \doteq 2 \cdot 2$, $Z = 24$, $2p = 2$, $У_1 = 9(1—10)$, $У_2 = 7(2—9)$.

9.3. Двухслойная обмотка с разновитковыми секциями

При нечетном расчетном числе эффективных проводников в пазу статора двухслойные обмотки выполняются с разновитковыми секциями в катушечных

группах, причем укладка их в пазы статора производится с таким расчетом, чтобы в каждый паз попадали секции одна с меньшим, а другая с большим числом витков. Намотка и укладка таких секций в катушечных группах чередуется: при нечетном шагедля любого числа пазов на полюс и фазу — через одну, а при четном шаге и четном числе пазов на полюс и фазу — попарно. Если в первом случае число пазов на полюс и фазу нечетное, а во втором равно шести или десяти (когда парных секций получается нечетное число), то половина катушечных групп наматывавается, начиная с секций с большим числом витков, и половина — с меньшим. Укладка их при этом строго чередуется. С четным шагом (У) и нечетным числом пазов на полюс и фазу (q), обмотка с одинаковым числом проводников во всех пазах невыполнима.

Учитывая некоторую сложность в выполнении обмоток с разновитковыми секциями, можно от них избавиться во время ремонта. Если обмотки в заводском исполнении имеют две или три параллельные ветви, то их можно выполнить так: в первом случае в четыре, а во втором — в шесть параллельных ветвей. При этом число эффективных проводников в пазу статора увеличивается, а сечение или количество элементарных проводников уменьшается в два раза. В результате этого в пазу статора получится четное количество эффективных проводников. Четыре или шесть параллельных ветвей возможно при соответствующем количестве катушечных групп в каждой фазе.

Например, двухслойная обмотка выполнена в две параллельные ветви ($a=2$), имеет число эффективных проводников в пазу статора $N=4+5$ и элементарных проводников $N_э=6$. При $2p=4$ количество катушечных групп на каждую фазу $КГф=4$. Выполняя обмотку в четыре параллельные ветви, получим новые данные $N=9+9$, $N_э=3$. Все остальные параметры обмотки остаются неизменными.

Кроме того, от разновитковых секций можио избавиться за счет изменения ширины шага обмотки в пределах норм укорочения для $2p=4$, $\beta=0{,}86$—$0{,}8$ и при $2p=2, \beta=$ $=0{,}83$—$0{,}54$. Например, статор $Z=36$, $2p=2$, $q=6$ имеет $N=10+11=21$; $У_у=14(1—15)$;
$\beta=14/18=7/9=0{,}78$; $K_y=0{,}94$. В зависимости от заполнения паза можно увеличить или уменьшить число эффективных проводников в пазу, изменив соответственно

шаг на один паз по табл.3.

При $У_у = 15(1—16)$; $ß = 15/18 = 5/6 = 0,83$; $K_у = 0,97$, тогда $N = (21:0,97) \cdot 0,94 = 20,3 = 20 = 10 + 10$.

При $У_у = 13(1—14)$; $ß = 13/18 = 0,72$; $K_у = 0,91$, тогда $N = (21:0,91) \cdot 0,94 = 21,7 = 22 = 11 + 11$.

В обоих случаях округление проводников на 0,3 — меньше 1%.

Иногда при конструировании обмоток для крупных электродвигателей, даже при образовании параллельных ветвей и определенном шаге, все же получается расчетное число проводников в пазу дробное, округление которого недопустимо. В этом случае заготовка КГ производится с чередованием в них разновитковых секций так, чтобы при укладке в одном пазу от каждых двух КГ получилось больше или меньше эффективных проводников, расположенных равномерно по окружности статора.

Например, болгарские электродвигатели со статором $Z = 60$,$2р = 4$, $q = 5$, $У_у = 12(1—13)$, $a = 4$, $ß = 12/15 = 0,8$, $K_у = 0,95$.

М315-МК-4, 250 кВт имеет $N = 7,6 + 7,6$ принято $N = 7 + 8$ чередованием в КГ — 8,7,7,8,8 и заполнением пазов с количеством проводников периодично повторяясь 16, 15, 15, 15, 15 и т.д.

М315М-4, 315 кВт имеет $N = 6,4 + 6,4$ принято $N = 6 + 7$ чередованием в КГ — 6,7,7,6,6 заполнением пазов — 12,13,13,13,13 и т.д.

Во время ремонта с заменой обмотки, как исключение, для облегчения укладки можно изменить шаги. В первом случае на $У_у = 11(1—12)$, $ß = 11/15 = 0,73$, $K_у = 0,91$, тогда $N = (15,2:0,91) \cdot 0,95 = 15,9 = 16 = 8 + 8$, но при этом незначительно увеличивается вредное относительное воздействие нечетных 5-й и 7-й гармоник на основную кривую потока.

Во втором случае изменить шаг невозможно.

10. Одно-двухслойная обмотка

Эта обмотка — сочетание двухслойной с укороченным шагом и однослойной с диаметральным шагом, выполняется из однослойной концентрической обмотки «вразвалку» с целым числом пазов на полюс и фазу — $q = 4, 5, 6$.

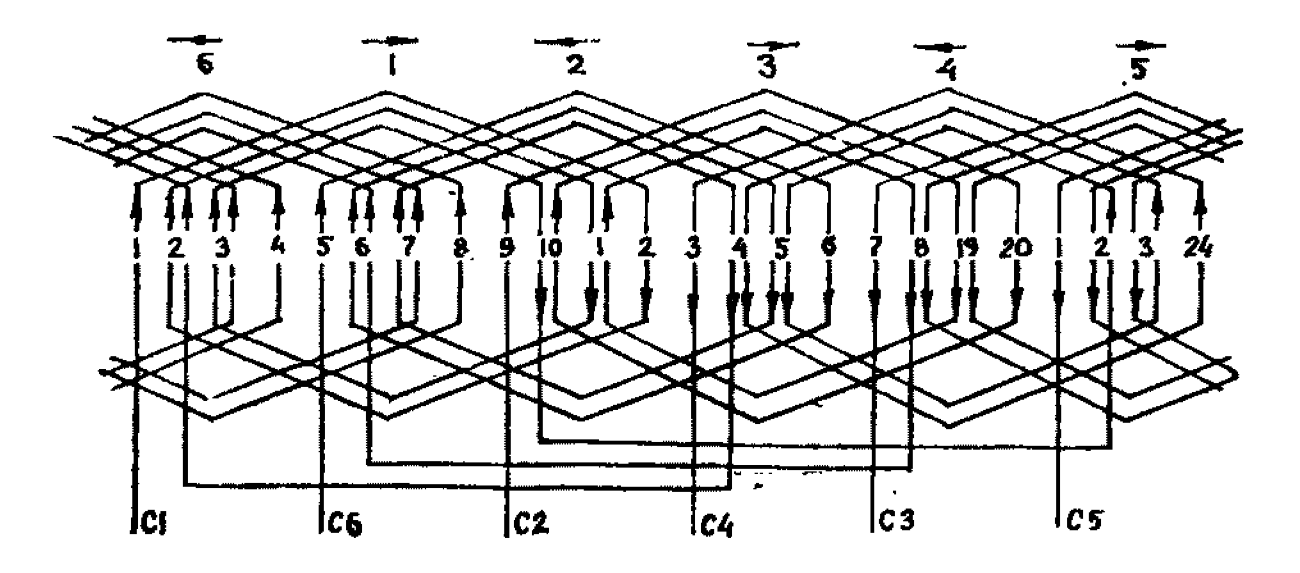


Рис.23. Схема одно-двухслойной обмотки $Z=24$, $2p=2$, $q=4=2+2=1+0{,}5+0{,}5$, $У_1=11\,(1—12)$, $У_2=9\,(2—11)$, $У_3=7\,(3—10)$, $КГ=6$, $\beta=10/12=5/6=0{,}83$, $У_{эк}=10$.

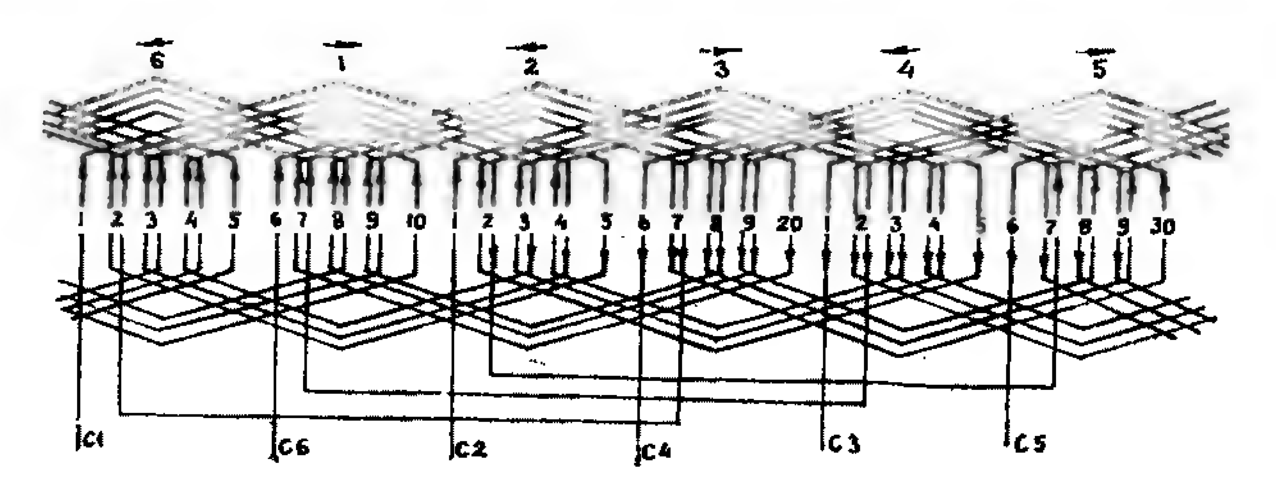


Рис.24. Схема одно-двухслойной обмотки $Z=30$, $2p=2$, $КГ=6$, $q=5=2{,}5+2{,}5=1+0{,}5+0{,}5+0{,}5$, $У_1=14\,(1—15)$, $У_2=12\,(2—14)$, $У_3=10\,(3—13)$, $У_4=8\,(4—12)$, $\beta={}^{12}/_{15}=0{,}8$, $У_{эк}=12$.

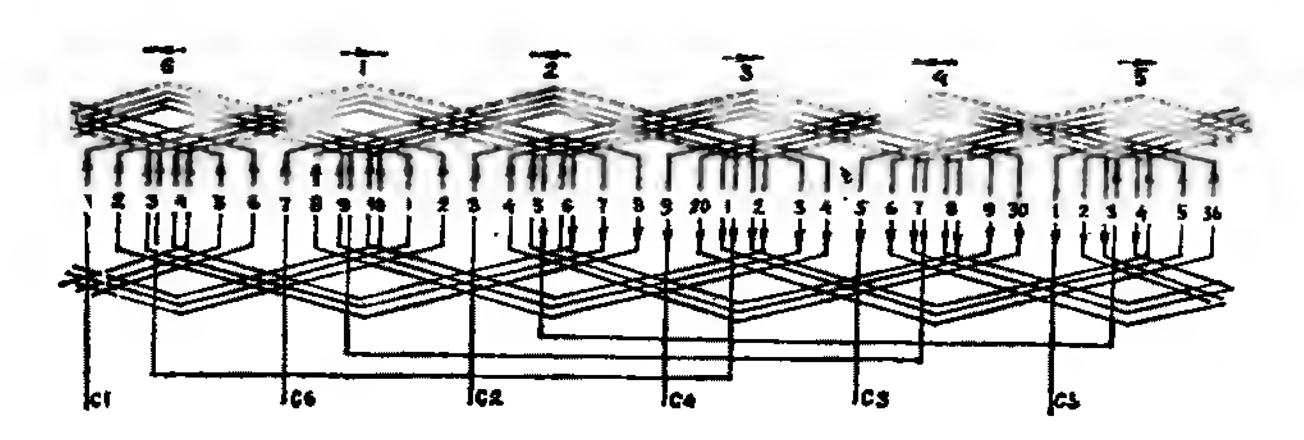


Рис.25. Схема одно-двухслойной обмотки $Z=36$, $2p=2$, $КГ=6$, $У_1=17\,(1—18)$, $У_2=15\,(2—17)$, $У_3=13\,(3—16)$, $У_4=11\,(4—15)$, $\beta={}^{16}/_{18}=0{,}89$, $У_{эк}=16$.

$q=4$ — возможно при $Z=24$ и $2p=2$, $Z=48$ и $2p=4$, $Z=72$ и $2p=6$;
$q=5$ — возможно при $Z=30$, и $2p=2$, $Z=60$ и $2p=4$, $Z=90$ и $2p=6$;
$q=6$ — возможно при $Z=36$ и $2p=2$, $Z=72$ и $2p=4$.

Для получения одно-двухслойной обмотки в каждой катушечной группе внешние полные секции остаются с тем же шагом, что и при однослойной концентрической обмотке «вразвалку» и размещаются в пазах, в которых обычно при двухслойной обмотке лежат стороны секций одной и той же фазы, а внутренние полные секции делятся на полусекции и размещаются внутри полных секций, в пазах, в которых при двухслойной обмотке обычно лежат стороны секции разных фаз с укороченным шагом.

При $q=4=2+2$ катушечные группы будут 1—0,5—0,5 с шагами $У_1=11(1—12)$; $У_2=9(2—11)$; $У_3=7(3—10)$; $У_{эк}=2(4+1)=10(1—11)$; $ß=10/12=0,83$ (рис.23).

При $q=5=2,5+2,5$ катушечные группы будут 1—0,5—0,5—0,5 с шагами $У_1=14(1—15)$; $У_2=12(2—14)$; $У_3=10(3—13)$; $У_4=8(4—12)$;
$У_{эк}=2(5+1)=12(1—13)$; $ß=12/15=0,8$ (рис.24).

При $q=6=3+3$ катушечные группы будут 1—1—0,5—0,5 с шагами $У_1=17(1—18)$; $У_2=15(2—17)$; $У_3=13(3—16)$; $У_4=11(4—15)$;
$У_{эк}=2(6+2)=16(1—17)$; $ß=16/18=0,89$ (рис.25).

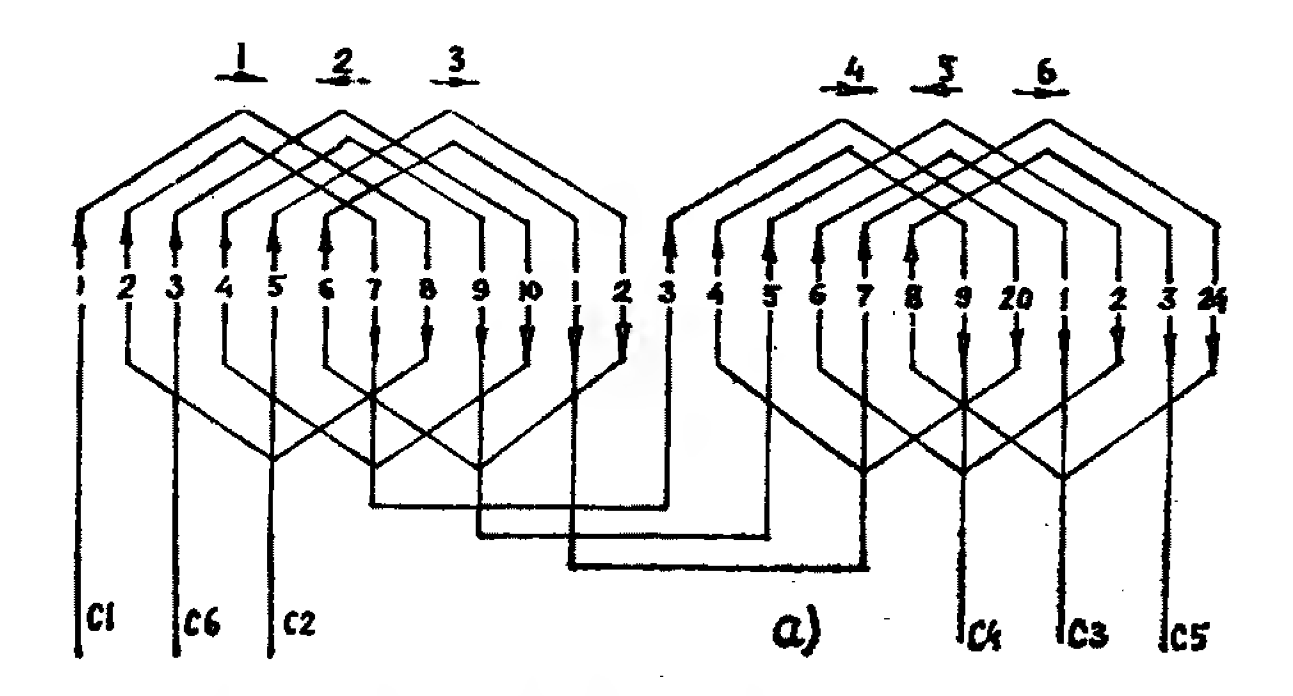
$У_{эк}$ — эквивалентный шаг равен удвоенной сумме числа пазов на полюс и фазу (q), с числом полных секций в катушечной группе ($W_п$).

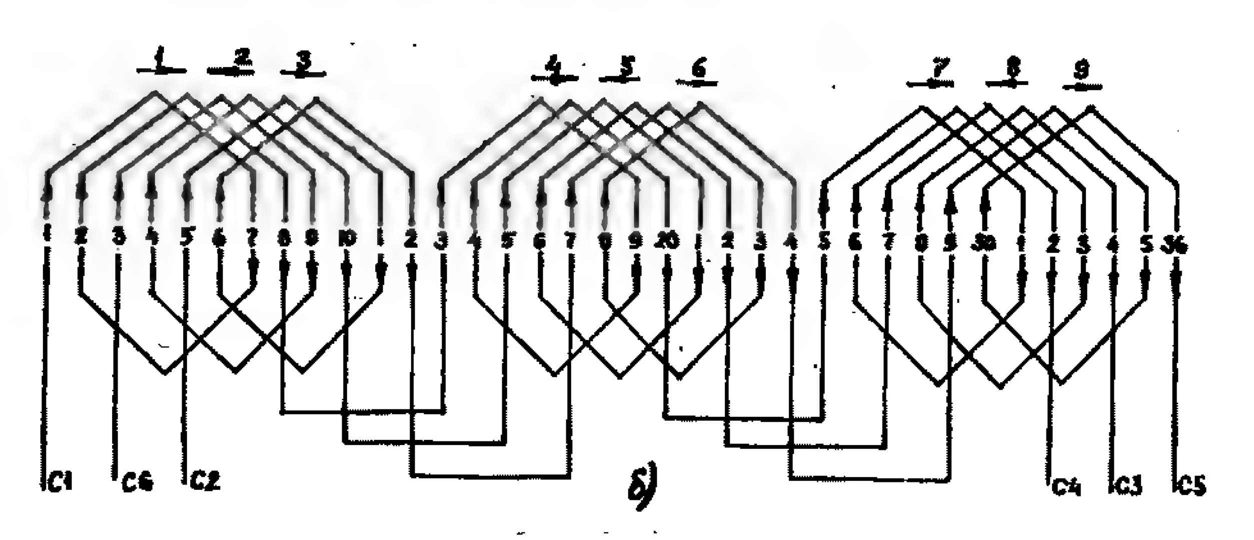
$У_{эк}=2(q+W_п)$. Соединение схемы — как в двухслойной обмотке.

11. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОБМОТКИ

11.1. Однослойные обмотки для разрезных статоров

Однослойная обмотка выполняется равносекционной или концентрической полными катушечными группами (полным числом секций в катушечной группе). Укладка катушечных групп, в отличие от простой однослойной обмотки проводится без пропусков пазов, при этом лобовые части всех катушечных групп при выходе из пазов отгибаются в одну сторону как при укладке





Р и с.26. Схемы однослойной обмотки для разрезных статоров:

а) концентрическая обмотка для разрезного статора на две части $Z=24$, $2p=4$, $У_1=7(1—8)$, $У_2=5(2—7)$, $КГ=6$, $q=2$;

б) равносекционная обмотка для разрезиого статора на три части, $Z=36$, $2p=6$, $q=2$, $У=6(1—7)$, $КГ=9$.

двухслойной обмотки. Катушечные группы между собой в схеме соедиияются конец с иачалом. При таком соедиiении схемы началом первой фазы принимается начало от первой катушечиой группы, иачалом второй фазы принимается начало от третьей катушечиой группы, а иачало третьей фазы будет коиец от предпоследней катушечной группы в последней разрезной части статора (как в двухслойной иепрерывной обмотке).

При разрезном статоре иа две части можио выполиить однослойную обмотку для электродвигателя иа 1500 об/мин. ($2p=4$) или на 750 об/мин. ($2p=8$),

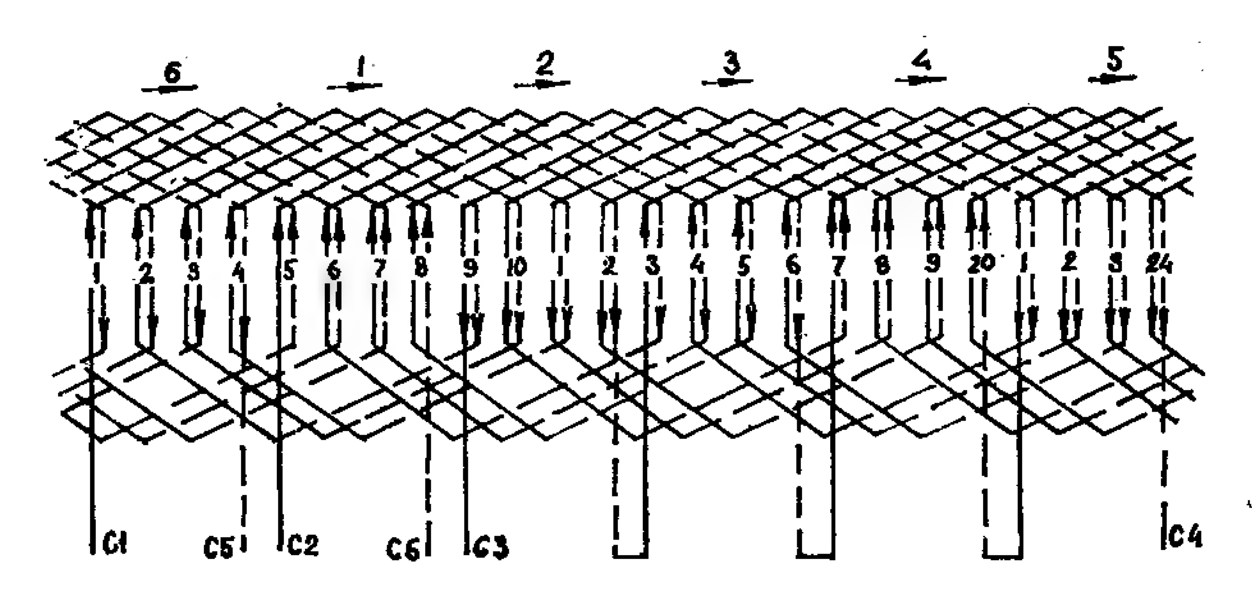
а при разрезном статоре иа три части обмотка выполняется на 1000 об/мин. (2р = 6) или на 500 об/мии. (2р = 12).

Если обмотка выполняется иа 750 об/мии. (2р = 8) или на 500 об/мин. (2р = 12), то заготовку и укладку ее лучше производить непрерывной по две катушечные группы, что исключает соединения схемы в частях разрезиого статора.

На рис.26а, б приведены концентрическая и равносекциоииая разрезная обмотки, в которых соединеиие катушечных групп производится в местах разрезов статора.

11.2. Схема изменения числа полюсов без замены обмотки

Изменить число полюсов без замены обмотки можио в любом короткозамкиутом односкоростном электродвигателе, выполнением в две или четыре параллельные ветви, двухслойиой обмоткой. Такое изменение возможно только в сторону увеличения числа полюсов с отношением один к двум (1/2), т.е. с 2р = 2 на 2р = 4, с 2р = 4 на 2р = 8, с 2р = 6 иа 2р = 12, с 2р = 8 иа 2р = 16 и т.д. Если в электродвигателе с двухслойной обмоткой изменить соедииение катушечных групп, как в однослойиой обмотке, — конец с началом, то обмотка из шестидесятиградусной с укороченным шагом стаиовится стодвадцати-



Р и с.27. Схема двухслойиой равносекционной обмотки Z = 24, 2р = 2, q = 4, У = 8 (1—9), КГ = 6, $a = 2$, рис.20 переключена с шестидесятиградусной на стодвадцатиградусную $a = 1$, 2р = 4.

градусная с числом полюсов в два раза большим, но уже с удлиненным шагом.

Так как при этом мощность тихоходного электродвигателя и сечение провода обмотки уменьшаются, а число эффективных проводников в пазу статора увеличивается (соответственно пропорционально изменению числа полюсов) в 2 раза, то достаточно обмотку (большего числа оборотов) с двумя параллельными ветвями изменить на последовательную, а с четырех параллельных ветвей — на две.

На рис.20 шестидесятиградусная двухслойная обмотка с Z = 24, q = 4, У = 8(1—9), 2p = 2 была выполнена с укороченным шагом на 4 паза, в две параллельные ветви, КГ = 6, а после переключения катушечных групп последовательно (как в однослойной обмотке конец с началом) по схеме рис.27 получен электродвигатель на 2p = 4 со стодвадцатиградусной обмоткой с удлиненным шагом на 4 паза.

11.3. Обмотка для тихоходных электродвигателей

Для получения наименьшей частоты вращения электродвигателя обмотку статора изготовляют однослойной или двухслойной с числом пазов на полюс и фазу, равным единице (q = 1). Обычно заводы выпускают лифтовые электродвигатели с числом пазов в статоре Z = 24, 36, 48, 54 и 72 соответственно с числом полюсов 2p = 8, 12, 16, 18 и 24 или частотой вращения 750, 500, 375, 333 и 250 об/мин., тогда как нередко требуются значительно меньшие обороты. Если обмотку выполнить с числом пазов на полюс и фазу, равным половине (q = 0,5 = 1/2), то электродвигатели с указанными числами пазов статора будут иметь соответственно полюсов 2p = 16, 24, 32, 36 и 48 или частоту вращения 375, 250, 187, 167 и 125 об/мин. В этом случае обмотка выполняется только двухслойной, а соединение катушечных групп (полусекций) производится, как в однослойной обмотке, конец с началом. Шаг обмотке взят У = 2(1—3), число КГ равно числу пазов статора (КГ = 24, 36, 48, 54, 72). Для уменьшения трудоемкости заготовка и укладка обмотки производятся целыми фазами (без переходных изоляционных трубок в схеме), имеющими соответственно в каждой фазе по 8, 12, 16, 18, 24 одно-полусекционных

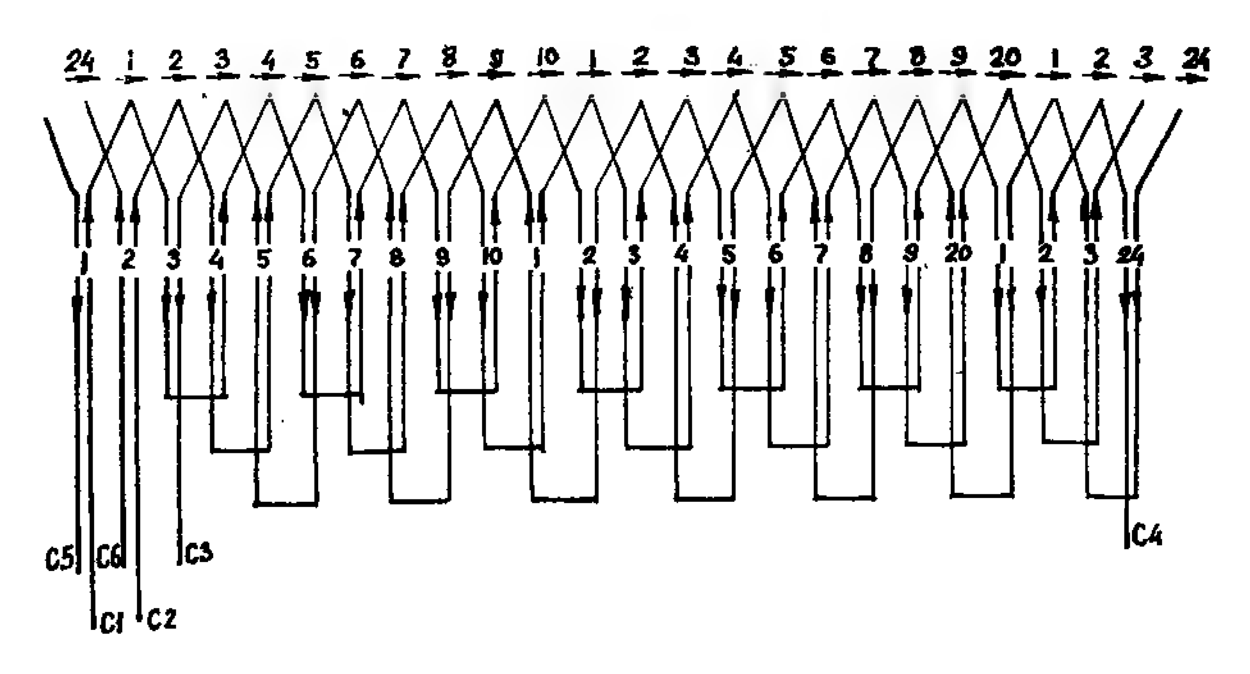


Рис.28. Схема двухслойной равносекционной обмотки с дробным $q = 0{,}5 = 1/2$, $Z = 24$, $2p = 16$, $У = 2(1—3)$, $КГ = 24$.

КГ, что позволяет избежать между ними соединение и пайку.

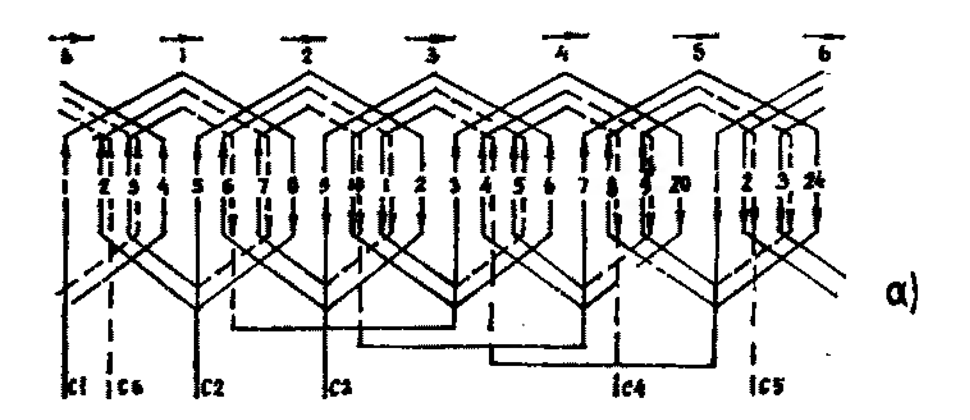
Укладка фаз делается полностью поочередно в одну сторону, при этом укладывая вторую фазу, необходимо пропустить один паз (как при укладке однослойной обмотки). Началами фаз являются начало от первых катушечных групп непрерывных обмоток. Изоляцию между ярусами в лобовой части можно производить сплошными полосами.

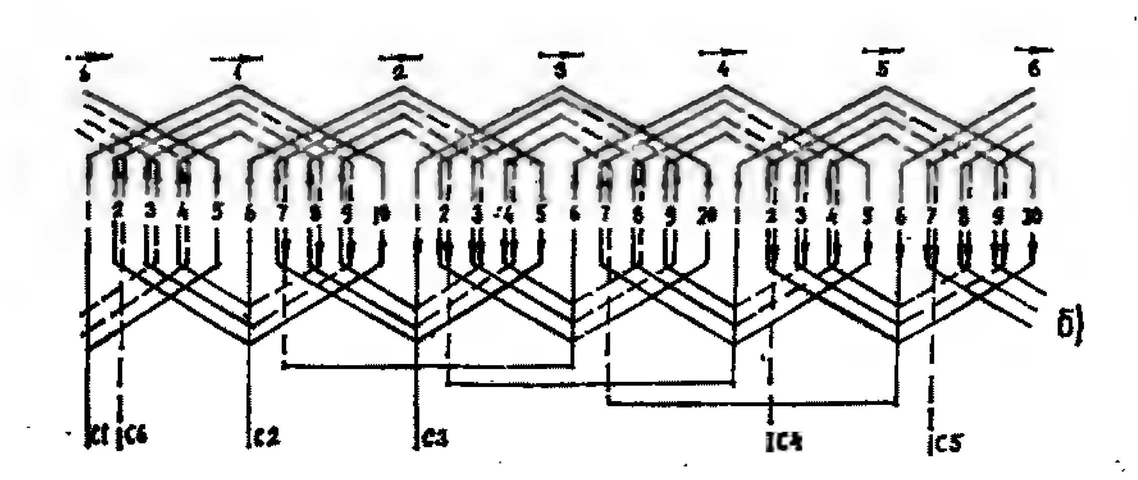
На рис.28 приведена двухслойная обмотка с целыми фазами соединением КГ конец с началом, $Z = 24$, $2p = 16$, $q = 1/2$, $У = 2(1—3)$, $КГ = 24$.

11.4. Обмотка с расширенной фазной зоной

Однослойная обмотка имеет плохие характеристики, поэтому для улучшения их помимо двухслойной, цепной и одно-двухслойной обмоток с укороченным шагом предлагается новая обмотка с расширенной фазной зоной.

Если в однослойной концентрической обмотке в катушечных группах (КГ) наружные секции с диаметральным шагом оставить без изменения, а внутренние секции разделить на полусекции, стороны которых разместятся в пазах, принадлежащих другим фазам, то такую обмотку можно назвать обмоткой с расширенной фазной зоной.





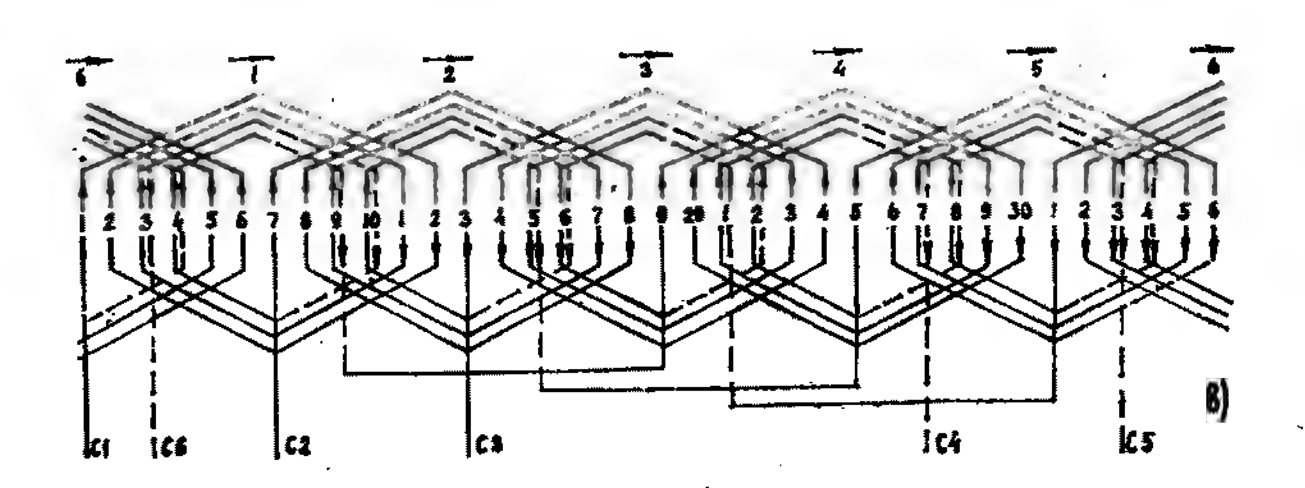


Рис.29. Схемы однослойной концентрической обмотки с расширенной фазной зоной:

а) $q=2=1+0{,}5+0{,}5$, $Z=24$, $2p=4$, $У_1=7(1—8)$, $У_2=5(2—7)$, $У_3=3(3—6)$;

б) $q=2^1/_2=1+0{,}5+0{,}5+0{,}5$, $Z=30$, $2p=4$, $У_1=9(1—10)$, $У_2=7(2—9)$, $У_3=5(3—8)$, $У_4=3(4—7)$;

в) $q=3=1+1+0{,}5+0{,}5$; $Z=36$, $2p=4$, $У_1=11(1—12)$, $У_2=9(2-11)$, $У_3=7(3—10)$. $У_4=5(4—9)$.

За счет увеличения фазных зон полусекции будут иметь такой укороченный шаг, который позволит уничтожить 5-ю или 7-ю гармонику или значительно уменьшить их вредное влияние. Так как однослойная концентрическая обмотка с расширенной фазной зоной при $q=1$ превращается в двухслойную обмотку, а при $q \geqslant 4$ удобнее и выгоднее применить одно-двухслойную обмотку, то из этого следует, что такая обмотка возможна только при $q=2$, $2^1/_2$, 3 и $3^1/_2$.

Укорочение шага обмотки с расширенной фазной зоной зависит от наличия в катушечных группах полных наружных секций и образованных полусекций, а также от числа пазов и полюсов статора. Учитывая трудность укладки секций с большим шагом при $2р=2$, обмотка не применяется.

$q=2$ возможно при $Z=24$ и $2р=4$, $КГ=6$,
при $Z=36$ и $2р=6$, $КГ=9$, при $Z=48$ и $2р=8$, $КГ=12$, при $Z=60$ и $2р=10$, $КГ=15$, при $Z=72$ и $2р=12$, $КГ=18$,
$q^1=2=1+0{,}5+0{,}5$, $У_1=7(1—8)$, $У_2=5(2—7)$, $У_3=3(3—6)$,
Эквивалентный шаг — $У_{эк}=5(1—6)$, укорочение — $ß=5/6=0{,}83$, рис.29а.

$q=2{,}5=2^1/_2$ возможно при $Z=30$ и $2р=4$, $КГ=6$, при $Z=45$ и $2р=6$, $КГ=9$, при $Z=60$ и $2р=8$, $КГ=12$, при $Z=75$ и $2р=10$, $КГ=15$,
$q^1=2{,}5=1+0{,}5+0{,}5+0{,}5$.
$У_1=9(1—10)$, $У_2=7(2—9)$, $У_3=5(3—8)$, $У_4=3(4—7)$.

Эквивалентный шаг — $У_{эк}=6(1—7)$, укорочение — $ß=6/6{,}5=0{,}8$, рис.29б.

$q=3$ возможно при $Z=36$ и $2р=4$, $КГ=6$,
при $Z=54$ и $2р=6$, $КГ=9$, при $Z=72$ и $2р=8$, $КГ=12$.
$q^1=3=1+1+0{,}5+0{,}5$, $У_1=11(1—12)$, $У_2=9(2—11)$, $У_3=7(3—10)$, $У_4=5(4—9)$.

Эквивалентный шаг — $У_{эк}=8(1—9)$, укорочение — $ß=8/9=0{,}89$, рис. 29в.

Однослойная концентрическая обмотка с расширенной фазной зоной подобна одно-двухслойной обмотке, но, несмотря на одинаковое укорочение шага, существенно от нее отличается, так как выполняется с малыми числами пазов на полюс и фазу полными катушечными

группами, в результате чего количество их в два раза меньше.

Кроме того, указанная обмотка имеет больший диапазон применения и выполнима с половинным дробным числом пазов на полюс и фазу ($q=2^1/_2$, $3^1/_2$), тогда как одно- двухслойная обмотка укладывается «вразвалку», а с дробным числом пазов на полюс и фазу вообще невыполнима.

Соединение схемы обмотки производится конец с началом, как в однослойной обмотке.

Началами фаз являются начала от 1-й, 2-й и 3-й катушечных групп.

12. Укладка обмотки, соединение схем и образование параллельных ветвей

В однослойной обмотке укладка разрезных катушечных групп или целях фаз производится любой стороной, начиная с секции, имеющей начальный или концевой вывод.

После укладки первой катушечной группы последующие укладываются с пропуском пазов на число секций в катушечной группе.

Для составления схемы обмотки все катушечные группы нумеруются в общем порядке. При этом каждая фаза имеет свои условные номера:
кг, с фигурами △,○,□.

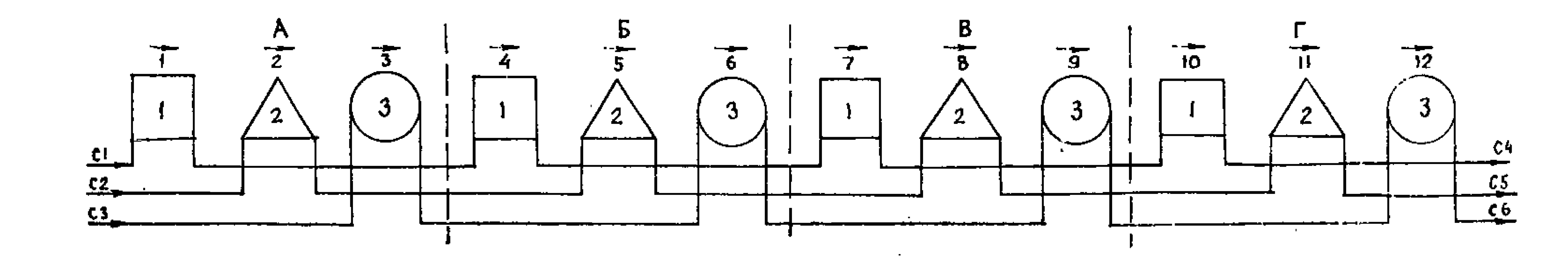
1-я фаза — 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 и т.д.
2-я фаза — 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23 и т.д.
3-я фаза — 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 и т.д.

Разбив все катушечные группы на тройки, принято их именовать:

1ф, 2ф, 3ф, 1ф, 2ф, 3ф и т.д.

Из нумерации видно, что началами фаз являются начальные выводы первой, второй и третьей катушечной группы, а последующее соединение (при последовательной обмотке) производится конец с началом (рис.30). Над катушечными группами наносятся стрелки в одну сторону, указывающие направление укладки обмотки и соединение схемы (одновременно).

Так как каждая катушечная группа трех фаз создает два



Р и с.30. Схема развернутой однослойной обмотки с условными КГ, выполненная разрезными КГ или целыми фазами
А) $2p = 2$, $КГ = 3$, А + Б) $2p = 4$, $КГ = 6$, А + Б + В) $2p = 6$, $КГ = 9$, А + Б + В + Г) $2p = 8$, $КГ = 12$.

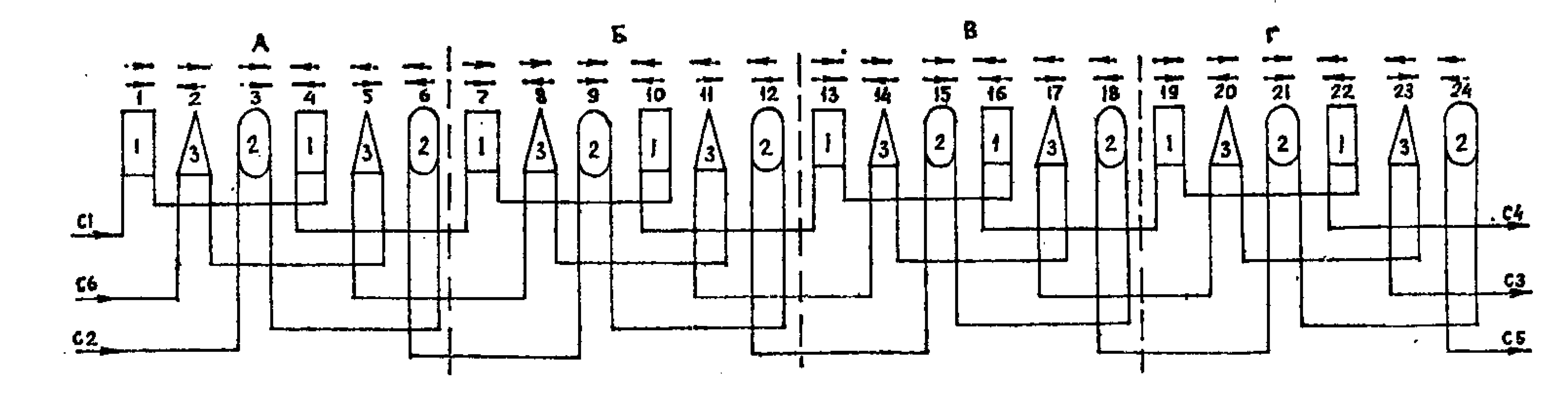


Рис.31. Схема укладки целых фаз с условными КГ двухслойиой, однослойной «вразвалку», цепной и одно-двухслойной обмоток А) 2р=2, КГ=6, А+Б) 2р=4, КГ=12, А+Б+В) 2р=6, КГ=18, А+Б+В+Г) 2р=8, КГ=24.

разноименных полюса, то число катушечных групп в фазе равно числу пар полюсов $КГ_{Ф} = р$, а для всех фаз в 3 раза больше КГ = 3 • р.

При образовании параллельных ветвей собираются все начала вместе и все концы катушечных групп вместе (рис.32, 33), при этом направление стрелок над КГ такое же, как в последовательном соединении.

Однослойную последовательную обмотку с целыми фазами можно выполнять одновременно, поочередно от каждой фазы по одной катушечной группе, как и разрезные (рис.30).

Но лучше целые фазы укладывать отдельно по порядку ярусами, при этом после укладки катушечной группы последующие в своей каждой фазе отстоят друг от друга на расстоянии 2q.

2-я и 3-я фазы начинаются укладкой с пропуском по q пазов (второй катушечной группы от первой, а третьей — от второй).

Преимущество такой укладки: отсутствие неудобств оперировать одновременно всеми фазами и можно обойтись без переходных изоляционных трубок, изолировав соединения между КГ прокладками по ярусам.

В двухслойной обмотке катушечные группы укладываются подряд друг за другом, а однослойная обмотка «вразвалку» выполняется как простая однослойная.

Так как в двухслойной обмотке секции имеют половинное число витков, а однослойная «вразвалку» 30° фазную зону, то началами фаз для обеих обмоток будут катушечные группы не рядом (как в однослойной простой обмотке), а через одну.

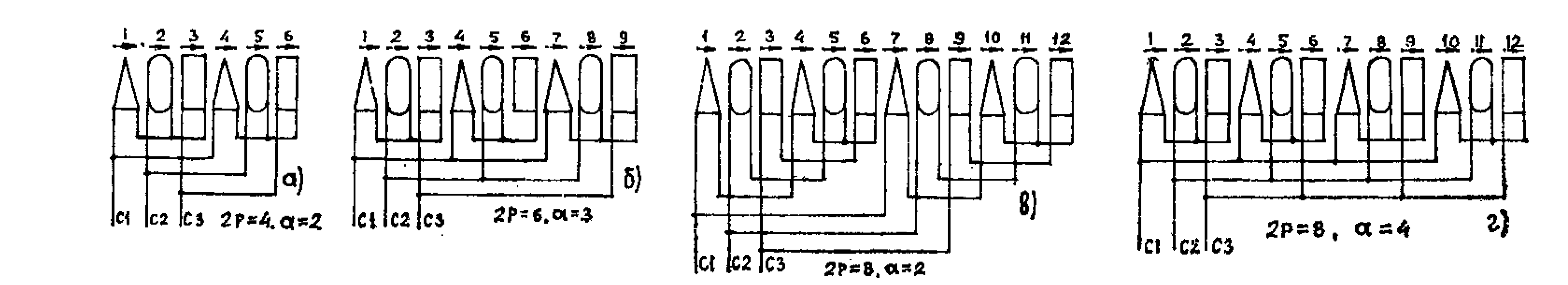
Для разрезных катушечных групп двухслойной и однослойной «вразвалку» обмоток началами фаз являются:

для 1-й фазы — начало 1-й катушечной группы,
для 2-й фазы — начало 3-й катушечной группы,
для 3-й фазы — начало 5-й катушечной группы.

К каждой фазе из общего порядка номеров принадлежат катушечные группы:

для 1-й фазы — 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 и т.д.
для 2-й фазы — 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 и т.д.
для 3-й фазы — 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23 и т.д.

Следовательно, разбив катушечные группы на тройки, их можно будет именовать 1ф, 3ф, 2ф; 1ф, 3ф, 2ф и т.д. Обратим внимание, что 3-я фаза переместилась по сравнению с однослойной обмоткой. Так как у таких обмоток



Р и с.32. Схемы параллельных ветвей в однослойных обмотках с условными КГ на три вывода: а) $2p=4$, $a=2$; б) $2p=6$, $a=3$; в) $2p=8$, $a=2$; г) $2p=8$, $a=4$.

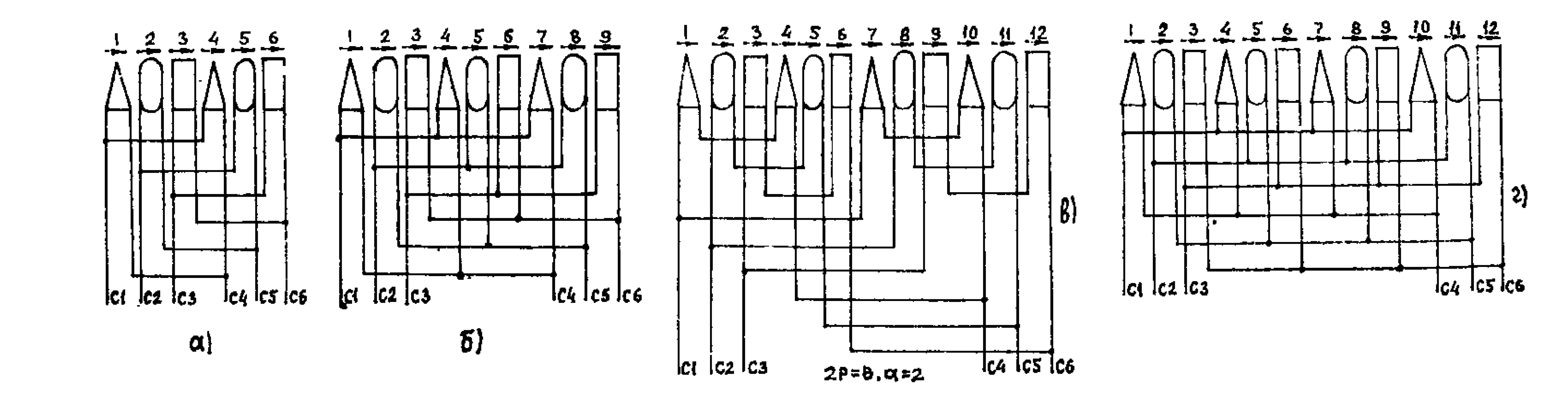


Рис.33. Схемы параллельных ветвей в однослойных обмотках с условными КГ иа шесть выводов:
а) $2p=4$, $a=2$; б) $2p=6$, $a=3$; в) $2p=8$, $a=2$; г) $2p=8$, $a=4$.

два разноименных полюса создаются двумя сторонами двух катушечных групп, расположенных рядом, то их соединение производится конец с концом, потом начало с началом, повторяясь периодически (рис.31), поэтому число катушечных групп в фазе определяется числом полюсов $КГ_ф = 2р$, а всего их в три раза больше — $КГ = 3 \cdot 2р = 6р$.

Для удобства соедннения схем над катушечными группами наносятся стрелки, причем как в каждой фазе, так и во всех катушечных группах направление стрелок поочередно меняется (нижние стрелки над схемами). Образовывая параллельные ветви, необходимо придерживаться направления указательных стрелок, что позволяет получить схему, какой она должна быть при последовательной обмотке.

Если двухслойная обмотка и однослойная «вразвалку» выполняются целыми фазами, то катушечные группы укладываются поочередно от каждой фазы, при этом начальные первые три размещаются нормально,а следующие три переворачиваются на 180 градусов, чередуясь периодично, что обеспечивает необходимое соединение между катушечными группами (верхний ряд стрелок над схемами рис.31—35 указывает укладку КГ).

Помимо этого, однослойную обмотку «вразвалку» удобнее укладывать поочередно полностью фазами по ярусам, при этом в каждой фазе катушечные группы располагаются рядом обеими сторонами (рис.6,7). Так как «развалка» применяется в основном для двухполюсных электродвигателей (для уменьшения шага), то в каждой фазе будет только по две катушечные группы. Началом первой фазы является начало первой катушечной группы, началом второй фазы — начало третьей катушечной группы, началом третьей фазы будет конец от средней непрерывной фазы — начало от предпоследней катушечной группы (рис.31).

Выполняя однослойную обмотку «вразвалку» с нечетным q или любую обмотку с дробным q, а также двухслойную обмотку с разновитковыми секциями при одинаковом количестве больших и малых катушечных групп, во всех случаях следует их укладку в статоре чередовать, что обеспечивает равномерное образование полюсов по окружности статора. При выполнении такой обмотки целыми фазами или параллельными ветвями намотка в них больших и малых катушечных групп чередуется, а уклад-

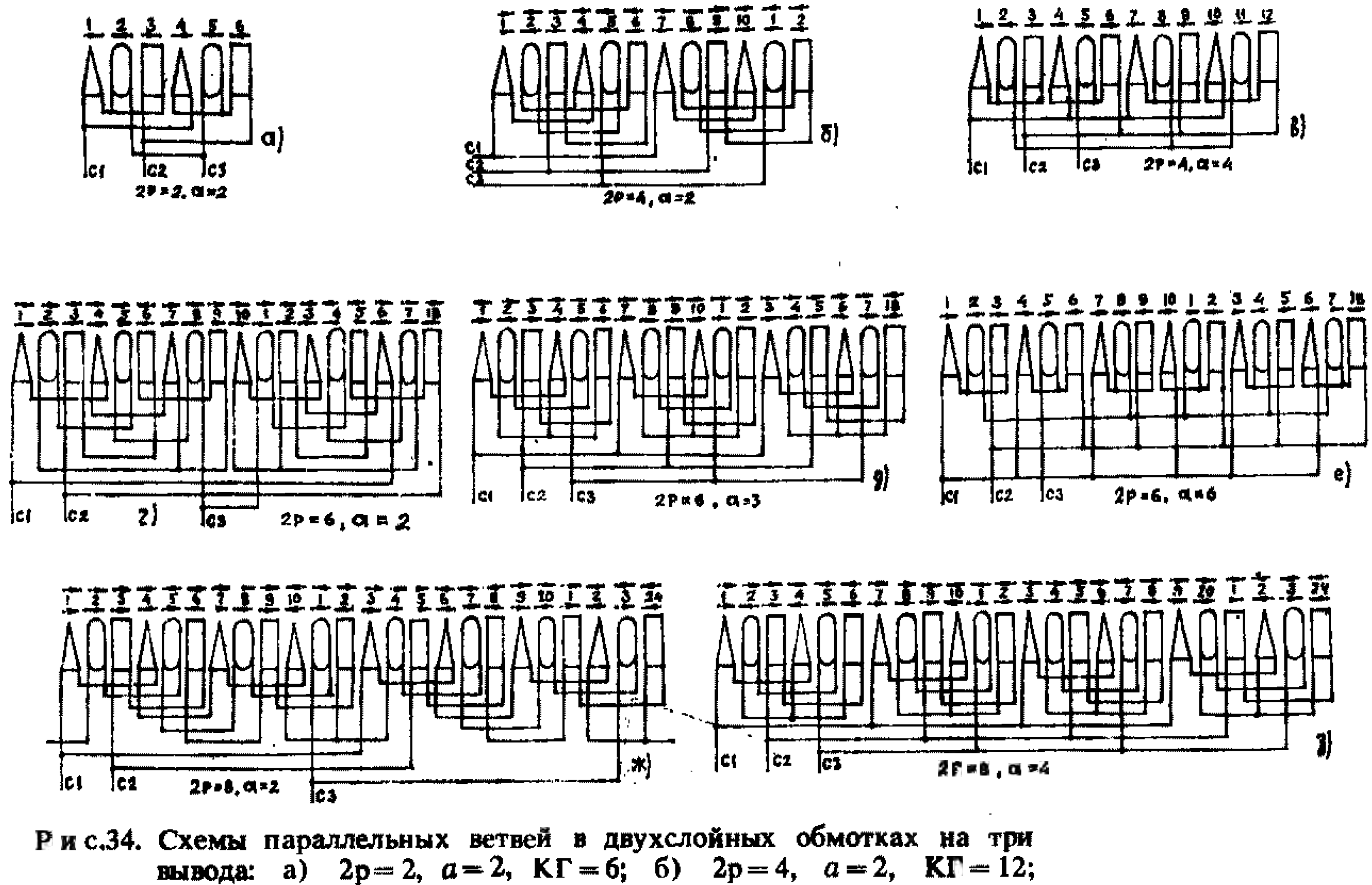


Рис.34. Схемы параллельных ветвей в двухслойных обмотках на три вывода: а) $2p=2$, $a=2$, КГ $=6$; б) $2p=4$, $a=2$, КГ $=12$; в) $2p=4$, $a=4$, КГ $=12$; г) $2p=6$, $a=2$, КГ $=18$; д) $2p=6$, $a=3$, КГ $=18$; е) $2p=6$, $a=6$, КГ $=18$; ж) $2p=8$, $a=2$, КГ $=24$; з) $2p=8$, $a=4$, КГ $=24$.

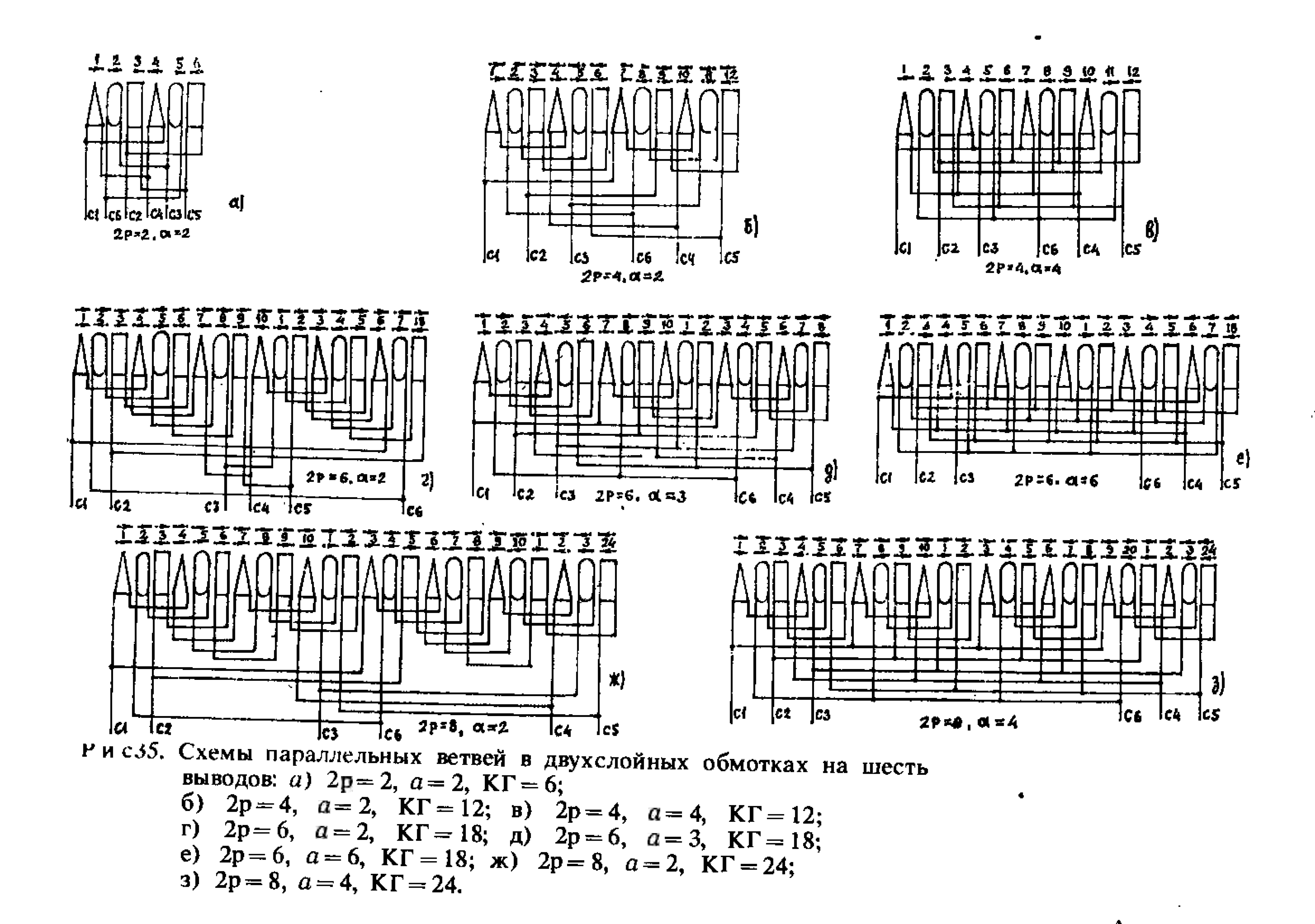


Рис. 35. Схемы параллельных ветвей в двухслойных обмотках на шесть выводов: *а*) 2р = 2, *а* = 2, КГ = 6;
б) 2р = 4, *а* = 2, КГ = 12; в) 2р = 4, *а* = 4, КГ = 12;
г) 2р = 6, *а* = 2, КГ = 18; д) 2р = 6, *а* = 3, КГ = 18;
е) 2р = 6, *а* = 6, КГ = 18; ж) 2р = 8, *а* = 2, КГ = 24;
з) 2р = 8, *а* = 4, КГ = 24.

ка производится крайних фаз, начиная, допустим, с больших, а в средней — с малой или наборот.

Число параллельных ветвей не должно превышать шесть, так как при большем количестве вероятны возникновения уравнительных токов из-за некоторого неравенства сопротивлений, а значит, появление паразитных сил и дополнительных потерь. Возможное число параллельных ветвей (указанное в табл.1) образуется по двум способам:

первый способ — на три вывода от обмотки, с соединением звезды внутри схемы. Применяется, когда электродвигатель используется только на одно напряжение. Для уменьшения лобовой части, экономии провода и изоляционной трубки количество соединений в звезду делается равным числу параллельных ветвей (рис.32) для однослойной обмотки и (рис.34) для двухслойной обмотки:

второй способ — на шесть выводов от обмотки. Применяется, когда электродвигатель включается или на два напряжения, или для облегчения его запуска обмотка включается на звезду, а при работе переключается на треугольник. Рис.33 приведен для однослойных обмоток, а рис.35 — для двухслойных, однослойных «вразвалку», цепных и одно-двухслойных обмоток.

Таблица 1.

Возможное число параллельных ветвей и количество катушечных групп в зависимости от числа полюсов и типа обмотки, с целым числом пазов на полюс и фазу.

n	2p	p	В фазе катушечных групп и параллельных ветвей			
			однослойная обмотка		двухслойная, однослойная «вразвалку», цепная и одно-двухслойная обмотки	
			КГф = p	*a*	КГф = 2p	*a*
3000	2	1	1	—	2	2
1500	4	2	2	2	4	2,4
1000	6	3	3	3	6	2,3,6
750	8	4	4	2,4	8	2,4
600	10	5	5	5	10	2,5
500	12	6	6	2,3,6	12	2,3,4,6

13. Составление параллельных ветвей в обмотке в зависимости от мощности электродвигателей

В электродвигателях малой мощности (до 100 кВт) для экономии материалов при соединении схем можно в каждую параллельную ветвь последовательно включить катушечные группы, расположенные рядом, что в свою очередь обеспечивает выполнение ветвей целыми, без паек.

Для электродвигателей мощностью более 100 кВт в каждую параллельную ветвь необходимо включить последовательно катушечные группы (в зависимости от их количества) по окружности статора, смещенные на число геометрических градусов. При двух КГ — на 180 градусов, при трех — 120, при четырех — 90, при пяти — 72, при шести — 60 и т.д. Связано это с тем, что вращающийся магнитный поток создается обмоткой статора, подключенной к сети, поэтому напряжение, приложенное к зажимам обмотки, уравновешивается противоэлектродвижущей силой (ПЭДС), индуктируемой вращающимся магнитным полем (потоком) в обмотке. Если катушечные группы намотаны строго одинаково по величине и воздушный зазор между статором и ротором равномерно одинаков по всей окружности, а напряжение сети устойчиво, то противоэлектродвижущая сила будет иметь постоянную величину и намагничивающий ток, проходя по обмотке, создает равномерное вращающееся магнитное поле. Но, во-первых, идеально равномерного зазора по всей окружности не всегда можно добиться, а во-вторых, этот зазор часто нарушается за счет сработки подшипников или выработки в заточках подшипниковых щитов на статоре и т.п.

При нарушении равномерности воздушного зазора, несмотря на то, что намагничивающий ток будет без изменений, под катушечными группами с меньшим зазором будет создаваться больший магнитный поток, а под катушечными группами с большим зазором создается меньший магнитный поток (из-за разного магнитного сопротивления), что может привести к ненормальным явлениям в электродвигателе.

Если обмотка статора выполнена последовательно или параллельно, но в ветвях катушечные группы, которые вклю-

чены последовательно, правильно распределены по окружности статора, то не возникает никаких ненормальных явлений или они будут проявляться в меньшей мере. Но если же в параллельных ветвях катушечные группы для включения последовательно расположены неравномерно по окружности статора, то созданные разные по величине различные магнитные потоки будут в параллельных ветвях индуктировать разные по величине противоэлектродвижущие силы.

Разные противоэлектродвижущие силы в параллельных ветвях не полностью уравновешиваются напряжением сети, в результате чего возникают уравнительные токи, создающие дополнительно перегрузку обмотки и ее перегрев. Кроме того, появляются паразитные силы, усиливается шум в электродвигателе, возможно и «прилипание» ротора.

14. Образование полюсов в схемах обмоток

После составления схемы любого типа обмотки (особенно с наличием параллельных ветвей) правильность ее можно проверить образованием полюсов, путем нанесения стрелок (на сторонах секций) с указанием протекания тока в фазах.

Электрический ток, протекая по трехфазной обмотке, все время изменяет величину и направление в каждой фазе, но для образования полюсов принимается момент, когда ток по двум фазам входит (стрелки направлены от начала фаз C_1 и C_2 к концам фаз C_4 и C_5, токи имеют половинное значение), а по третьей фазе ток выходит (стрелки направлены от конца фазы C_6 к началу фазы C_3, ток имеет максимальное значение).

На рис.4-25 в схемах стрелки, направленные вверх, допустим, образуют северные полюса, а стрелки, направленные вниз, образуют южные полюса.

Схемы, выполненные развернутыми, с расположением сторон секций по пазам, считаются правильно составленными, когда полюса северные и южные численно равны и периодически чередуются, а общее их число будет четное и равно расчетным (заданным).

Схемы на рис. 30—35, образованные с условными ка-

тушечными группами, считаются правильно выполненными, когда стрелки, указанные над ними (нижний ряд), при соединении имеют направление: в однослойных обмотках в одну сторону, а в двухслойных, однослойных «вразвалку», цепных и одно-двухслойных — с направлением периодического чередования в разные стороны.

Такое же периодическое чередование направления стрелок при соединении двухслойных обмоток должно быть и над условными катушечными группами, относящимися к любой фазе обмотки.

Iф — $\overrightarrow{1}$, $\overleftarrow{4}$, $\overrightarrow{7}$, $\overleftarrow{10}$, $\overrightarrow{13}$, $\overleftarrow{16}$ и т.д.; IIIф — $\overleftarrow{2}$, $\overrightarrow{5}$, $\overleftarrow{8}$, $\overrightarrow{11}$, $\overleftarrow{14}$, $\overrightarrow{17}$ и т.д.; IIф — $\overrightarrow{3}$, $\overleftarrow{6}$, $\overrightarrow{9}$, $\overleftarrow{12}$, $\overrightarrow{15}$, $\overleftarrow{18}$ и т.д.

Учитывая изложенное, следует, что началами фаз можно считать начало или конец любой КГ, лишь бы было соблюдено направление прохождения тока, которое создает правильное образование и чередование полюсов (северных и южных), причем начало фаз может быть смещено друг от друга на 120, 240, 360, 480 и т.д. электрических градусов. Именование начало или конец КГ является условным и зависит от направления соединения схемы вправо (по часовой стрелке) или влево (против часовой стрелки).

Так как в однослойных обмотках для правильного образования полюсов направление стрелок должно быть в одну сторону, то началом фаз будет только начало от любой КГ, т.е. ток должен входить в начало КГ, а выходить в конец. В двухслойных обмотках, однослойных «вразвалку», цепных и одно-двухслойных для правильного образования полюсов направление стрелок чередуется, поэтому началами фаз могут быть начало или конец КГ, т.е. ток должен в одних КГ входить в начало, а выходить в конец, в других КГ наоборот: ток — входить в конец, выходить — в начало. В практике встречаются случаи, когда на электроремонтных предприятиях при составлении схем последовательных однослойных обмоток с разрезными КГ одни обмотчики принимают за начало фаз начало от КГ, расположенных рядом на 120 градусов (от 1, 2 и 3-й), другие — через одну КГ на 240градусов (от 1, 3 и 5-й), что зависит от навыка и привычки.

Составляя схемы обмоток, необходимо учитывать экономию провода и изоляционных трубок, поэтому начало фаз необходимо принимать от КГ, расположенных ближе к отверстию для выводов, при этом выбранные начала фаз одновременно должны обеспечить простей-

щее одинаковое соединение с определенной закономерностью между последующими КГ в фазах.

Смещение начал фаз на разное число электрических градусов можно наблюдать при образовании параллельных ветвей (рис.34, 35).

15. Некоторые особенности обмоток

Типов и разновидностей обмоток трехфазного тока имеется большое количество, но их можно различать по двум существенным признакам.

Если в катушечной группе все стороны полных секций или полусекций находятся в пазах своей фазной зоны, то такие обмотки будут диаметральные и называются обмотками со сплошной фазной зоной.

Такие обмотки приведены на рис. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14 — однослойные обмотки равносекционные и концентрические с полным числом пазов на полюс и фазу и «вразвалку».

К ним относятся также однослойные обмотки «вразвалку» с нечетным числом пазов на полюс и фазу с расчесанной секцией при нечетном $q = 3;5$ или при дробном $q = 1,5; 2,5$ с полусекцией, приведенные на рис. 10, 11, 15, 16, 17.

Несмотря на то, что в отдельных пазах стороны полусекций располагаются от разных фаз, обмотка считается диаметральной со сплошной фазной зоной (зоны фаз делятся не по зубцам, а в пазах) и называется комбинированной.

Когда одна или несколько секций или полусекций заходят в пазы другой зоны за счет укорочения шага, то эта обмотка называется обмоткой с несплошной фазной зоной.

К таким обмоткам относятся — двухслойные, цепные, одно-двухслойные, приведенные на рис. 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25.

Цепные и двухслойные обмотки с диаметральным и удлиненным шагом выполнять нецелесообразно, так как в первом случае не улучшаются характеристики электродвигателей, а во втором — перерасходуется обмоточный провод.

В справочном пособии приведены все обмотки, применяемые заводами-изготовителями для односкоростных

трехфазных электродвигателей, но не все их целесообразно внедрять на ремонтных предприятиях.

В настоящее время заводы применяют однослойные обмотки с концентрическими секциями, что позволило при проектировании уменьшить размеры (габариты) электродвигателей и дало возможность внедрить механическую укладку путем втягивания секций и размещения катушечных групп фаз ярусами.

Концентрические обмотки являются более надежными в эксплуатации, так как секции в катушечных группах не пересекаются, а входят друг в друга, находясь в одной плоскости, за счет чего уменьшается толщина лобовой части и исключается витковое замыкание при динамических усилиях между секциями по сравнению с равносекционными обмотками. Кроме того, при выполнении их не требуется соблюдение правил согласованности между заготовкой и укладкой обмотки, что исключает ошибки, возможные при равносекционной обмотке.

На ремонтных предприятиях из-за отсутствия дорогостоящих специальных станков и приспособлений, а также наличия разнообразия серий и типоразмеров электродвигателей укладка обмотки производится вручную, поэтому одно-двухслойную обмотку и однослойную с наличием полусекций иногда заменяют двухслойной равносекционной, как менее трудоемкой. При необходимости замены обмоток на другой тип необходимо не только соответственно изменить число эффективных проводников в пазу, но и сохранить в электродвигателе все характеристики, особенно электромагнитные. Электромагнитные характеристики новой обмотки будут неизменны, если шаг обмотки остается эквивалентным. Эквивалентный шаг для новой обмотки считается таким, при котором сохраняются обмоточный коэффициент и кривая магнитного потока.

Несмотря на удобства, меньшую трудоемкость и экономичность на соединении схемы в однослойных равносекционных обмотках, все же ремонтникам рекомендуется выполнять их по возможности концентрическими, так как при механической укладке только они приводятся в каталогах, что позволит сохранить заводские размеры лобовых частей и избавить расчетчиков от дополнительного пересчета шага, а значит сохранить надежность работы электродвигателей.

III. МЕТОДЫ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА ЧИСЛА ЭФФЕКТИВНЫХ ПРОВОДНИКОВ В ПАЗУ СТАТОРА И РОТОРА

После удаления старой обмотки из пазов замеряются длина и диаметр расточки сердечника статора, независимо от наличия или утраты паспортной таблички. После чего в соответствии с серией и напряжением электродвигателя, по числу полюсов, длине и расточке сердечника находятся в каталоге данные обмотки.

В случае несовпадения длины сердечника по сравнению с каталогом (но при одинаковых остальных параметрах), необходимо произвести пересчет числа проводников путем пропорциональной зависимости.

При отсутствии каталогов на электродвигатели (чаще это бывает для иномарок), удаляя старую обмотку, необходимо записать все ее данные для производства намотки новой.

Если же по каким-либо причинам данные обмотки не записаны или вышедшая из строя обмотка была ранее перемотана по параметрам с отклонением от заводской (из-за чего электродигатель вышел из строя), то производится расчет, для производства которого дополнительно замеряются ширина зубца и высота спинки сердечника статора.

Расчет обмоточных данных электродвигателя в основном сводится к определению числа эффективных проводников в пазу статора и ротора и размеру обмоточного провода.

При отсутствии на электродигателе паспортной таблички, помимо обмоточных данных, предварительно определяется число полюсов в заводском изготовлении, а при необходимости находятся номинальная и фазная сила тока, мощность и момент вращения.

16. Определение числа полюсов

При отсутствии на электродвигателе паспортной таблички число полюсов электродвигателя определяется по формуле 1:

$$2p = \frac{0{,}35 \cdot Z \cdot b}{h} \qquad \text{или} \qquad 2p = \frac{0{,}5 \cdot D}{h} \tag{1}$$

где

2p — число полюсов электродвигателя;
Z — число зубцов (пазов) статора;
b — ширина зубца статора в см;
h — высота спинки статора в см;
D — диаметр расточки статора в см.

Эта формула применяется для восстановления числа полюсов в заводском исполнении электродвигателя или для проверки пригодности при изменении его на большую частоту вращения.

Если по формуле 1 получается дробное число полюсов, то оно округляется до ближайшего целого четного числа, являющегося для электродвигателя минимальным, т.е. выполнение его на большей частоте вращения ограничивает высота спинки статора. Например, по расчету получилось дробное число 5,8. Округляем его до 6, значит, электродигатель будет пригоден на 6 и более полюсов, тогда как на 4 полюса, а тем более на 2 полюса будет непригоден. При восстановлении обмотки или при перемотке ее с переходом на большую частоту вращения это условие является основным, поэтому пренебрегать этой проверкой — значит получить электродвигатель с плохими характеристиками.

17. Определение числа проводников в пазу статора

При отстутствии на электродвигателе обмоточных данных эффективное число проводников в пазу статора определяется по формуле 2:

$$N = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_3 \cdot Ky} \qquad (2)$$

где

N — число проводников в пазу статора;
l — длина сердечника статора в см;
B_3 — величина магнитной индукции в зубцах статора в теслах (Тл) (принимается в табл.2);
Ky — обмоточный коэффициент укорочения шага (принимается по табл.3).

При расчете числа проводников для определенного числа полюсов статора за основу берется сечение зубцов ($b \times l_z$), так как от их магнитного насыщения зависит величина магнитного потока в воздушном зазоре, а следовательно, и магнитодвижущая сила. Как видим, вторая формула является основной и содержит в себе число полюсов и ширину зубцов. По результатам этой формулы можно судить, при каком числе проводников в пазу статора с заданным числом полюсов будет нормальное магнитное насыщение зубцов статора.

Следовательно, выбор величины магнитной индукции в зубцах статора при расчете имеет главное значение.

В табл.2 магнитная индукция в зубцах статора ($B_з$) и в табл.4 плотности тока (j) указаны оптимальной величиной — соответствуют старым типам электродвигателей, в том числе серии А, АО, КО, МА с определенным числом полюсов и принимаются по мощности ($P_{кВт}$) или диаметру расточки статора (Dсм) в зависимости от исполнения: для открытого они максимальные, для закрытого — средние, взрывозащищенного — минимальные. При расчете электродвигателей новых серий необходимо данные величины табл.2,4 увеличить: для А2, АО2, ВАО — на 5 процентов, а для 4А, 4Н, ВР и иностранных марок — на 15 процентов.

Таблица 2.

Магнитные индукции в зубцах (оптимальной величины) и в спинке (максимальной) в зависимости от числа полюсов и расточки статора или мощности, с учетом исполнения и серии электродвигателей

Число полюсов 2р	Магнитная индукция в зубцах — $B_з$ в Тл				Магнитная индукция в спинке — B_c в Тл
	D до 12 см Р до 5 кВт	D 12-20 см Р 5-25 кВт	D 20-30 см Р 25-75 кВт	D>30 см Р>75 кВт	
2р=2	1,55	1,40-1,65	1,30-1,65	1,20-1,65	1,65 (1,70)
2р=4	1,60	1,45-1,60	1,35-1,60	1,35-1,60	1,60 (1,65)
2р=6	1,65	1,50-1,70	1,40-1,70	1,42-1,60	1,60
2р=8	1,75	1,55-1,75	1,45-1,75	1,45-1,75	1,55

В скобках данные для D>30 см или мощности P>75 кВт.

Спинка статора в электродвигателе имеет назначение пропустить магнитный поток, образовавшийся в зубцах статора, не превысив допустимой температуры нагрева.

Учитывая это, в табл.2 магнитная индукция в спинке — B_c предусмотрена максимально допустимой величины для всех электродвигателей и зависит только от числа полюсов. Величина магнитной индукции в спинке статора определяется по формуле 3 по расчетному числу эффективных проводников и сравнивается с данными табл.2.

$$B_c = \frac{\pi \cdot 10^4}{Z \cdot l_s \cdot h \cdot N \cdot K_y} \qquad (3)$$

Если при проверочном расчете магнитная индукция в спинке превысит величину, указанную в табл.2, расчетное число проводников следует увеличить. Величину магнитной индукции в воздушном зазоре Вв можно определить по формуле 4:

$$B_в = \frac{6p \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot D \cdot N \cdot K_y} \qquad (4)$$

При расчете числа проводников по предлагаемому методу магнитная индукция в воздушном зазоре не требуется, определять ее нет надобности, так как при конструировании электродвигателя она приблизительно в два раза меньше индукции в зубцах и предусмотрена в пределах 0,6-0,9 Тл.

Мелкие электродвигатели порядка до 15 кВт выполняются однослойной обмоткой, а большей мощности — двухслойной. При выполнении простой однослойной обмотки шаг ее будет диаметральный и определяется по формуле 5:

$$У_д = \frac{Z}{2p} \qquad (5)$$

Число пазов на полюс и фазу (число секций или катушек в катушечной группе) определяется по формуле 6:

$$q = \frac{Z}{2p \cdot m} = \frac{Z}{2p \cdot 3} = \frac{Z}{6p}, \qquad (6)$$

где

q — число пазов на полюс и фазу;

m — число фаз (для трехфазного электродвигателя m = 3).

Таблица 3.

Наивыгоднейшее укорочение шага обмотки (β) и обмоточные коэффициенты ($К_у$) в зависимости от числа пазов на полюс и фазу (q), в соответствии количества пазов статора (Z) и числа полюсов (2р)

β	$У_у$	q	$К_у$	Число полюсов/ число пазов					
				2	4	6	8	10	12
3/3,75 = 0,8	3(1-4)	1,25	0,95	—	15	—	30	—	45
4/4,5 = 0,89	4(1-5)	1,5	0,99	9	18	27	36	45	54
5/6 = 0,83	5(1-6)	2	0,97	12	24	36	48	60	72
6/6,75 = 0,89	6(1-7)	2,25	0,99	—	27	—	54	—	81
6/7,5 = 0,8	6(1-7)	2,5	0,95	15	30	45	60	75	90
7/9 = 0,78	7(1-8)	3	0,94	18	36	54	72	90	—
8/9 = 0,89	8(1-9)	3	0,99	18	36	54	72	90	—
7/12 = 0,58	7(1-8)	4	0,79	24	—	—	—	—	—
8/12 = 0,67	8(1-9)	4	0,87	24	—	—	—	—	—
9/12 = 0,75	9(1-10)	4	0,92	24	—	—	—	—	—
10/12 = 0,83	10(1-11)	4	0,97	24	48	72	96	—	—
11/15 = 0,73	11(1-12)	5	0,91	30	60	—	—	—	—
12/15 = 0,8	12(1-13)	5	0,95	—	60	90	—	—	—
13/15 = 0,87	13(1-14)	5	0,98	—	60	90	—	—	—
11/18 = 0,61	11(1-12)	6	0,82	36	—	—	—	—	—
12/18 = 0,67	12(1-13)	6	0,87	36	—	—	—	—	—
13/18 = 0,73	13(1-14)	6	0,91	36	—	—	—	—	—
14/18 = 0,78	14(1-15)	6	0,94	36	—	—	—	—	—
15/18 = 0,83	15(1-16)	6	0,97	36	72	—	—	—	—
13/24 = 0,54	13(1-14)	8	0,75	48	—	—	—	—	—
14/24 = 0,58	14(1-15)	8	0,79	48	—	—	—	—	—
15/24 = 0,63	15(1-16)	8	0,83	48	—	—	—	—	—
16/24 = 0,67	16(1-17)	8	0,87	48	—	—	—	—	—
17/24 = 0,71	17(1-18)	8	0,91	48	—	—	—	—	—

При выполнении двухслойной или цепной обмотки с укороченным шагом число проводников в пазу возрастает в величину обмоточного коэффициента укорочения шага обмотки (K_y). Для таких обмоток число пазов на полюс и фазу, как и при однослойной обмотке, определяется по формуле 6. Укороченный шаг обмотки необходимо принимать, задаваясь его величиной по сравнению с диаметральным шагом.

В табл.3 для электродвигателей, выпускаемых заводами, приведены наивыгоднейшие укороченные шаги при определенном числе пазов на полюс и фазу, каждому из них соответствуют рассчитанные обмоточные коэффициенты укорочения. Обмоточный коэффициент распределения обмотки учтен при выводе формул ($K_р = 0{,}96$) и в приведенные в табл.3 величины не входит.

Число проводников, полученное расчетом по формулам 2, 3, 3а, 4, соответствует только электродвигателю с обмоткой, напряжением 220/380 В, соединением выводов Δ/Y, частотой тока 50 Гц (частота и фазное напряжение 220 В одинаковы для обоих соединений, подставлены при выводе формул).

На паспортной табличке электродвигателя указаны номинальные (линейные) величины: подводимое напряжение $U_н$($U_л$) и потребляемый ток $I_н$($I_л$), тогда как в обмотке напряжение и ток будут фазные $U_ф$ и $I_ф$, их величины зависят от сопряжения выводов обмотки — в треугольник $U_ф = U_н$ и $I_ф = I_н : 1{,}73$ в звезду $U_ф = U_н : 1{,}73$ и $I_ф = I_н$.

Наличие на паспортной табличке двух напряжений обозначает: меньшее соответствует соединению выводов в треугольник, а большее — в звезду, а наличие двух токов — наоборот.

При напряжении 380/660 В, Δ/Y, сналичием параллельных ветвей (*a*) число проводников в пазу можно определить по формуле 2а

$$N = \frac{2p \cdot a \cdot 1{,}73 \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_з \cdot K_y} \qquad (2а)$$

17.1. Пересчет числа проводников на другое напряжение

Для этого приводится формула 7:

$$N_н = \frac{N_c \cdot U_н}{U_c} \qquad (7)$$

где $N_с$, $U_с$—$N_н$, $U_н$ — старое и новое число проводников в пазу статора и напряжение в В.

17.2. Пересчет числа проводников по длине сердечника статора

Это производится путем пропорциональной зависимости по формуле 8:

$$N_н = \frac{N_с \cdot l_с}{l_н} \qquad (8)$$

где

$N_с$, $l_с$ — длина сердечника в см и число проводников в в пазу электродвигателя с известными данными;

$N_н$, $l_н$ — то же, с неизвестными данными, но одинаковыми остальными размерами сердечника (кроме длины).

Тип обмотки и шаг принимаются по данным электродвигателя.

17.3. Определение числа проводников в пазу фазного ротора

Для этого можно пользоваться формулой 9:

$$N_2 = \frac{U_2 \cdot N \cdot Z}{U \cdot Z_2} \qquad (9)$$

где Z, Z_2 — N, N_2 — U, U_2 — число пазов, число проводников в пазу и напряжение статора и ротора.

Тип обмотки ротора может быть неодинаков со статором. Напряжение в формулу подставляется как для статора, так и для ротора одинаково : или фазное, или линейное. На кольцах ротора нет стандартного напряжения, а задается лишь допустимая величина (для электродвигателей малой мощности в пределах 100—220 и большой — 220—340 вольт).

Так как в роторе можно принять (в пределах норм) любое напряжение, то нет необходимости в формулу вводить разницу в обмоточных коэффициентах. Во-первых, эта величина очень незначительна, ею можно пренебречь; во-вторых, при отклонении расчетного числа проводников в пазу ротора изменяется принятое напряжение и сила тока, при этом мощность ротора остается прежней.

17.4. Пересчет числа проводников в пазу статора на другую частоту тока

Потребность в электродвигателях с вращением более 3000 об/мин создала необходимость изготовления специальных преобразователей частоты тока на 75, 100, 125, 150, 175, 200 и более герц, которые имеют напряжение 330/570 В, соединением выводов △/Y. Путем различных соединений выводов обмоток преобразователя частоты тока и электродвигателей нормального исполнения напряженеием 127/220, 220/380, 380/660 В, на 50 Гц можно подобрать для их питания номинального напряжения от преобразователя. Например, если преобразователь имеет частоту тока 75 Гц, то его напряжения точно соответствуют числам проводников в пазах статора: для электродвигателя 127/220 В при включении его обмотки звездой необходимо 330 В, для электродвигателя 380/660 В при включении его обмотки треугольником необходимо 570 В, а для электродвигателя 220/380 В при включении обмотки треугольником или звездой необходимо 330/570 В.

Эти электродвигатели можно использовать при другой частоте тока.

Без замены обмотки, в зависимости от увеличения частоты тока, мощность указанных электродвигателей повысится при 75 Гц на 50 процентов, при 100 Гц — на 12 процентов, а снизится: при 125 Гц на 10 процентов, при 150 Гц — на 25 процентов, при 175 Гц — на 35 процентов и при 200 Гц на 40 процентов. Связано это с несоответствием числа проводников в пазу статора электродвигателя и частотой тока преобразователя. При этом число оборотов электродвигателя в соответствии формулы 10 увеличится пропорционально повышению частоты тока:

$$n_н = \frac{n_с \cdot f_н}{f_с} \qquad (10)$$

Если при повышенной частоте тока более чем 75 Гц необходимо соответственно увеличить мощность электродвигателя, то необходимо заменить обмотку статора, при этом пересчет числа проводников производится по формуле 11, а величины мощности — по формуле 12.

$$N_н = \frac{N_c \cdot f_c \cdot U_н}{f_н \cdot U_c} \qquad (11)$$

$$P_н = \frac{P_c \cdot U_н \cdot N_c}{U_c \cdot N_н} \qquad (12)$$

где

$N_н$, N_c — новое и старое число эффективных проводников;

$n_н$, n_c — новое и старое числа об/мин. электродвигателя;

$P_н$, P_c — новая и старая мощность электродвигателя в кВт;

$U_н$, U_c — новое и старое напряжение в В;

$f_н$, f_c — новая и старая частота тока в Гц.

Обычно увеличение числа оборотов производят для электродвигателей с малым диаметром расточки статора серии «МД» или им подобным, конструкция которых позволяет увеличивать обороты, с учетом повышений окружной скорости ротора, надежности подшипников и рабочего конца вала.

Окружная скорость ротора допускается: для фазного — 30—40 мт/сек, короткозамкнутого — 40—60 м/сек и определяется по формуле 13:

$$V_р = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_н}{60 \cdot 100} \text{ мт/сек}, \qquad (13)$$

где $V_р$ — окружная скорость ротора в мт/сек;

D_2 — диаметр ротора в см;

$n_н$ — асинхронная частота вращения электродвигателя, об/мин;

π — 3,14.

При перемотке обмотки электродвигателя на меньшее число полюсов необходимо проверить допустимость увеличения лобовой части, обеспечивающей расстояние до подшипниковых щитов.

17.5. Пересчет числа проводников в пазу статора на другую частоту вращения

Изменение частоты вращения электродвигателя связано с заменой обмотки по новым данным, что влечет к изменению числа проводников в пазу статора, а следовательно, и магнитного потока и мощности. Для получения соответствующей величины магнитного потока при новом числе полюсов необходимо выбрать метод и произвести пересчет обмоточных данных.

Рассмотрим расположение в электродвигателе магнитных силовых линий и их перераспределение при изменении числа пар полюсов. Допустим, электродвигатель рассчитан на частоту вращения 3000 об/мин ($p=1$), при этом магнитный поток в зубцах имеет условно 12 магнитных линий, а при перемотке его обмотки на 1500 об/мин ($p=2$) будет иметь 6, при 1000 об/мин ($p=3$) будет 4 и так далее, при этом в спинке статора их в два раза меньше (рис.2).

Из рисунка видно, что с изменением числа пар полюсов пропорционально изменяется ширина полюсного деления, а значит, и число зубцов на полюс. Одновременно с этим новому числу проводников в пазу статора пропорционально соответствует величина магнитного потока. Такая взаимосвязь обеспечивает нормальное насыщение зубцов магнитным потоком. Отсюда можно заключить, что при изменении числа пар полюсов, несмотря на изменение величины магнитного потока, а значит, и мощности электродвигателя, величина магнитной индукции в зубцах остается в основном неизменной.

Учитывая вышеизложенное, пересчет обмотки на меньшие обороты для всех электродвигателей необходимо производить по формуле 2:

$$N_п = \frac{2p \quad 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_з \cdot K_у}$$

В формулу подставляется новое, большее число полюсов и соответственно им из табл. 2 берется показатель магнитной индукции в зубцах, а из табл. 3 — новый обмоточный коэффициент укорочения, если обмотка двухслойная.

При пересчете на меньшие обороты, как указывалось выше, в зубцах будет в основном сохранена нормальная магнитная индукция, тогда как в спинке обязательно снизится пропорционально уменьшению магнитного потока, поэтому проверять в ней максимально допустимую величину магнитной индукции нет необходимости. Мощность электродвигателя уменьшится пропорционально уменьшению числа оборотов или пропорционально уменьшению сечения провода. Замену обмотки электродвигателя на меньшую частоту вращения можно производить на одну или несколько ступеней оборотов.

Сложнее дело обстоит при изменении электродвигателя на большую частоту вращения. Пересчет обмотки электродвигателя на большую частоту вращения по этой формуле производить нельзя из-за недостаточной высоты (сечения) спинки статора, если завод изготовил его на одну ступень оборотов.

Спинка имеет определенный (постоянный) размер, поэтому при увеличении числа пар полюсов разгружается от уменьшенного магнитного потока, при этом магнитная индукция снижается, а с уменьшением числа пар полюсов загружается увеличенным магнитным потоком, а значит, повышается магнитная индукция и может достигнуть значительно выше допустимого предела.

Для пересчета обмотки электродвигателей на большую частоту вращения необходимо применять преобразованную формулу 3 с учетом высоты спинки:

$$N_н = \frac{\pi \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot h \cdot B_c \cdot K_y} \qquad (3а)$$

При увеличении частоты вращения электродвигателя увеличивается и полюсное деление. Несмотря на возрастание магнитного потока, магнитная индукция в зубцах в основном остается неизменной, поэтому проверять максимально допустимую ее величину излишне.

Помимо формул 2, 3а, для пересчета всех электродвигателей на меньшие обороты и на большие обороты электродвигателей, изготовленных заводом с одинаковым сердечником на две ступени оборотов, обычно 1500 и 1000, 1000 и 750 об/мин и т.д., при этом если их обмотка выполнена на низшей ступени оборотов, можно пользоваться расчетом пропорциональной зависимости между числом проводников в пазу статора и числом пар полюсов по формуле 14:

$$N_{н} = \frac{N_{c} \cdot p_{в}}{p_{c}} \qquad (14)$$

где N_c, $N_н$ — старое и новое число проводников;

p_c, $p_н$ — старое и новое число пар полюсов.

Так как с изменением частоты вращения электродвигателя изменяется число пазов на полюс и фазу, шаг обмотки и (незначительно) магнитная индукция, то необходимо при переходе на меньшие обороты — уменьшить, а при переходе на большие обороты — увеличить результат, полученный по формуле 14, на коэффициент изменения обмотки $K_и = 1{,}1$.

У электродвигателей, изготовленных на две ступени оборотов, высота спинки позволяет пропустить увеличенный магнитный поток для высшей ступени оборотов при большой мощности электродвигателя. В этом случае мощность электродвигателя увеличивается пропорционально уменьшению числа пар полюсов (при уменьшении числа проводников в пазу статора).

Электродвигатели, изготовленные заводом на одну ступень оборотов, у которых высота спинки рассчитана строго для определенного магнитного потока (несмотря на принимаемую максимальную величину магнитной индукции в спинке), при пересчете на большие обороты число проводников в пазу статора уменьшается незначительно, а зачастую остается таким же, каким оно было на меньших оборотах. Такие электродвигатели имеют очень низкую магнитную индукцию в зубцах статора (за счет слабого насыщения магнитным потоком) и малый ток холостого хода, а следовательно, недостаточные пусковой и вращающий моменты. Мощность может при этом незначительно повыситься или останется прежней, или даже снизится по сравнению с начальными показателями электродвигателя до увеличения частоты вращения.

Если электродвигатель изготовлен на одну ступень оборотов, то увеличивать частоту вращения можно, при условии если спинка имеет запас сечения и только на одну ступень оборотов с 1000 на 1500, с 750 на 1000 об/мин. и т.д., а на 3000 об/мин. вообще не допускается, так как в этом случае будет самый наихудший вариант, при котором полюсное деление и магнитный поток увеличиваются не менее как в два раза, а размер спинки остается неизменным.

Таблица 4.

j — плотности тока $А/мм^2$, произведение коэффициентов cosφ — мощности и η — полезного действия, I_x — тока холостого хода в процентах от номинального тока, в зависимости от числа оборотов и мощности электродвигателя или диаметра расточки сердечника

P кВт	D см	3000 (2p=2)			1500 (2p=4)			1000 (2p=6)			750 (2p=8)		
		j	I_x	cosφ×η	j	I_x	cosφ×η	j	I_x	cosφ×η	j	I_x	cosφ×η
до 1	до 10	6,3	45	0,62	6,2	60	0,61	6,1	70	0,60	6,0	80	0,59
1-5	10-15	4,9-5,9	40	0,67	4,8-5,8	55	0,66	4,7-5,7	65	0,65	4,6-5,6	75	0,64
5-25	15-20	4,4-5,8	35	0,76	4,3-5,7	50	0,75	4,2-5,6	60	0,73	4,1-5,6	70	0,72
25-75	20-25	4,3-5,7	30	0,81	4,2-5,6	40	0,80	4,1-5,5	50	0,78	4,0-5,4	60	0,77
75-100	25-30	3,2-5,6	25	0,84	4,1-5,5	30	0,82	4,0-5,,4	40	0,80	3,9-5,3	50	0,79
СВ.100	СВ.30	3 ,8-4,8	20	0,86	3,7-4,8	25	0,84	3,6-4,7	30	0,82	3,5-4,6	35	0,81

IV. МЕТОДЫ РАСЧЕТА СЕЧЕНИЯ ПРОВОДА, СИЛЫ ТОКА, МОЩНОСТИ И МОМЕНТА ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

18. Определение сечения эффективного проводника, силы тока и мощности

При отсутствии обмоточных данных на электродвигатель сечение провода определяется по трем методам.

Первый метод. Независимо от того, имеется или утрачена паспортная табличка на электродвигателе, сечение провода определяется методом предварительного заполнения паза.

В один паз статора вставляется корпусная изоляция (коробочка) и заполняется стальными спицами из бондажной проволоки, одинакового диаметра (шаблонами), с установкой необходимых прокладок и клина (шпуги).

Для заполнения паза всех габаритов статоров достаточно четыре размера стальных спиц с диаметром 0,8 мм, длиной 250 мм — 110 шт, ∅1,2 мм длиной 350 мм — 90 шт., ∅1,5 мм, длиной 400 мм — 70 шт. и ∅2 мм, длиной 450 мм — 50 шт., которые надо условно считать как диаметры проводов с изоляцией.

Уменьшая диаметры спиц на изоляцию проводов эмалью, получим условно пробные диаметры обмоточных проводов без изоляции с соответствующими сечениями $d_1 = 0{,}71/0{,}8$ мм — $S_1 = 0{,}396$ мм^2, $d_2 = 108/1{,}2$ мм — $S_2 = 0{,}916$ мм^2, $d_3 = 1{,}35/1{,}5$ мм — $S_3 = 1{,}43$ мм^2, $d_4 = 1{,}8/2$ мм — $S_4 = 2{,}54$ мм^2.

Если заводская обмотка электродвигателя была выполнена проводом ПЭЛБО, ПБД, то для получения расчетных условных диаметров без изоляции надо диаметры стальных спиц уменьшить на двойную изоляцию. После заполнения паза (с нормальным уплотнением) просчитывается количество пробных стальных спиц, вместившихся в него, и определяется сечение эффективного (расчетного) проводника по формуле 15:

$$S = \frac{N_п \cdot S_п}{N} \qquad (15)$$

Таблица 5.

Размеры обмоточных проводов нового стандарта без изоляции и их замена

d	S	Замена одного диаметра двумя			
		1-й вариант	2-й вариант	3-й вариант	4-й вариант
0,3	0,071	0,212 × 2			
0,315	0,078	0,224 × 2			
0,335	0,088	0,236 × 2			
0,355	0,099	0,25 × 2			
0,375	0,11	0,265 × 2			
0,4	0,126	0,28 × 2			
0,425	0,142	0,3 × 2			
0,45	0,159	0,315 × 2	0,3 + 0,335		
0,475	0,177	0,335 × 2	0,315 + 0,355		
0,5	0,196	0,355 × 2	0,3 + 0,4	0,375 + 0,315	
0,53	0,221	0,375 × 2	0,335 + 0,4	0,315 + 0,425	
0,56	0,246	0,3 + 0,475	0,375 + 0,4	0,335 + 0,45	
0,6	0,283	0,425 × 2	0,4 + 0,45	0,475 + 0,375	
0,63	0,312	0,45 × 2	0,425 + 0,475	0,5 + 0,375	
0,67	0,353	0,475 × 2	0,5 + 0,45	01,4 + 0,53	
0,71	0,396	0,5 × 2	0,53 + 0,475	0,56 + 0,425	
0,75	0,442	0,53 × 2	0,56 + 0,5	0,6 + 0,45	
0,8	0,503	0,56 × 2	0,63 + 0,5	0,67 + 0,425	
0,85	0,567	0,6 × 2	0,56 + 0,63	0,67 + 0,53	
0,9	0,636	0,63 × 2	0,67 + 0,6	0,71 + 0,5	
0,95	0,709	0,67 × 2	0,71 + 0,63	0,75 + 0,56	
1	0,785	0,71 × 2	0,85 + 0,53	0,75 + 0,63	
1,06	0,883	0,75 × 2	0,85 + 0,63	0,8 + 0,67	
1,12	0,985	0,8 + 0,75	0,9 + 0,67	0,85 + 0,71	
1,18	1,094	0,85 + 0,8	0,9 + 0,75	0,67 + 0,95	1 + 0,63
1,25	1,227	0,9 + 0,85	1 + 0,75	0,8 + 0,95	1,06 + 0,67
1,32	1,368	0,9 × 2	1 + 0,85	0,67 + 1,12	1,06 + 0,75
1,4	1,539	1 + 0,95	1,06 + 0,9	0,75 + 1,18	1,12 + 0,8
1,5	1,767	1,06 × 2	1,12 + 1	0,9 + 1,18	1,25 + 0,8
1,6	2,011	1,12 × 2	1,25 + 1	1,32 + 0,9	1,18 + 1,06
1,7	2,27	1,18 × 2	1,32 + 1,06	1,25 + 1,12	1,4 + 0,95
1,8	2,54	1,25 × 2	1,4 + 1,12	1,18 + 1,32	0,95 + 1,5
1,9	2,83	1,32 × 2	1,5 + 1,12	1,4 + 1,25	1 + 1,6
2	3,14	1,4 × 2	1,5 + 1,32	1,6 + 1,18	1,7 + 1
2,12	3,53	1,5 × 2	1,6 + 1,4	1,4 + 1,25	1,8 + 1,12
2,24	3,94	1,6 × 2	1,4 + 1,7	1,9 + 1,18	1,8 + 1,32
2,36	4,36	1,8 + 1,5	1,9 + 1,4	2 + 1,25	1,6 + 1,7
2,5	4,91	1,8 + 1,7	1,9 + 1,6	2 + 1,5	2,12 + 1,32
2,65	5,43	1,7 + 2	1,8 + 1,9	2,12 + 1,5	2,24 + 1,32
2,8	6,15	2 + 1,9	2,36 + 1,5	2,24 + 1,7	2,12 + 1,8
3	6,67	2,12 + 2	2,36 + 1,7	2,5 + 1,5	2,24 + 1,9

Таблица 6.

Размеры обмоточных проводов старого стандарта (отмененного) без изоляции и замена их новыми

$d_с$	$S_с$	$d_н$	Замена одного старого диаметра двумя новыми		
			1-й вариант	2-й вариант	3-й вариант
0,41	0,132	0,4	0,3+0,28		
0,44	0,152	0,425	0,225+0,3		
0,47	0,173	0,475	0,375+0,28		
0,49	0,189	0,5	0,315+0,375		
0,51	0,204	0,5	0,375+0,335	0,315+0,4	
0,55	0,238	0,53	0,4+0,375	0,335+0,45	
0,57	0,255	0,56	(0,4)2	0,425+0,375	
0,59	0,273	0,6	0,425+0,4	0,45+0,375	
0,62	0,302	0,6	0,45+0,425	0,475+0,4	
0,64	0,322	0,63	(0,45)2	0,475+0,425	
0,69	0,375	0,67	0,5+0,475	0,53+0,45	0,56+0,4
0,72	0,407	0,71	0,53+0,475	0,56+0,45	0,6+0,4
0,74	0,43	0,71	0,53+0,5	0,56+0,475	0,6+0,425
0,77	0,466	0,75	0,56+0,53	0,6+0,475	0,63+0,45
0,83	0,541	0,8	0,6+0,56	0,63+0,53	0,67+0,475
0,86	0,581	0,85	0,63+0,6	0,67+0,53	0,71+0,5
0,93	0,679	0,9	0,67+0,63	0,8+0,475	0,75+0,53
0,96	0,724	0,95	0,71+0,63	0,8+0,53	0,75+0,6
1,04	0,849	1	0,75+0,71	0,8+0,67	0,83+0,63
1,08	0,916	1,06	0,8+0,71	0,85+0,67	0,6+0,9
1,16	1,06	1,12	0,85+0,8	0,9+0,75	0,71+0,9
1,2	1,13	1,18	(0,85)2	1+0,67	0,8+0,9
1,3	1,33	1,25	0,95+0,9	1+00,8	0,75+1,06
1,35	1,43	1,32	(0,95)2	1+0,9	0,75+1,12
1,45	1,65	1,4	(1)2	1,06+0,9	1,18+0,85
1,56	1,91	1,5	1,12+1,06	1,25+0,95	1,32+0,85
1,62	2,06	1,6	1,18+1,12	1,25+1,06	1,32+1
1,68	2,22	1,7	(1,18)2	1,25+1,12	1,06+1,32
1,74	2,38	1,7	1,25+1,18	1,32+1,06	1,4+1
1,81	2,57	1,8	1,25+1,32	1,4+1,12	1,5+1,06
1,88	2,78	1,9	(1,32)2	1,4+1,25	1,5+1,12

Примечание: Для замены одного провода тремя или четырьмя необходимо принятые провода разложить дополнительно.

где N, S и $N_п$, $S_п$ — количество и сечение в мм^2 эффективных проводников и пробных спиц.

В зависимости от наличия ассортимента (диаметров) проводов в ремонтном цехе по табл. 5 подбираем сечение элементарного проводника ($S_э$) и определяем количество элементарных проводников ($N_э$) в эффективном проводнике:

$$N_э = \frac{S}{S_э} \quad (16)$$

$$S_э = \frac{S}{N_э} \quad (16а)$$

При большом количестве элементарных проводииков образуют параллельные ветви, при этом их количество должно быть кратиым возможному числу параллельных ветвей (a). При образовании параллельных ветвей количество эффективных проводников увеличивается, а количество элементраных проводников или их сечение уменьшается в число раз параллельных ветвей.

Общее число проводников в пазу ($N_о$) равно произведению количества эффективных и элементарных проводников:

$$N_о = N \cdot N_э \quad (16б)$$

Сечение фазы равно произведению сечения элементарного проводника на количество элементарных проводников и число параллельных ветвей:

$$S_ф = S_э \cdot N_э \cdot a \quad (17)$$

Произведение чисел параллельных ветвей и элементарных проводников является постояниой величиной, поэтому они взаимозаменяемы. Например, с шестью элементарными проводниками можно составить обмотку: при $a = 1$, $N_э = 6$ или при $a = 2$, $N_э = 3$, или при $a = 3$, $N_э = 2$, при $a = 6$, $N_э = 1$.

Произведение $a \cdot N_э = 1 \cdot 6 = 2 \cdot 3 = 3 \cdot 2 = 6 \cdot 1 = 6$ остается неизменным.

Это говорит о том, что при конструировании электродвигателей или замене обмотки в процессе ремонта можно

принимать любые возможные числа параллельных ветвей и элементарных проводников.

Обычно элементарные проводники должны быть одинакового диаметра, но можно их подбирать и с различными диаметрами.

Наличие в обмотке элементарных проводников разного диаметра позволяет точнее подобрать сечение параллельных ветвей и эффективного проводника, а близкие диаметры их к заменяемым с одинаковым диаметром — равнозначны по заполнению паза.

По сечению эффективного проводника или сечению фазы (при наличии параллельных ветвей) по формуле 18 определяется фазный ток:

$$I_ф = S \cdot j \text{ А} \qquad (18)$$

Мощность электродвигателя с фазными параметрами определяется по формуле 19:

$$P = 3 \cdot U_ф \cdot I_ф \cdot \cos\varphi \cdot \eta \cdot 10^{-3} \text{ кВт} \qquad (19)$$

А с номинальными (линейными) величинами формула мощности изменится следующим образом:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_н \cdot I_н \cdot \cos\varphi \cdot \eta \cdot 10^{-3} \text{кВт} \qquad (19а)$$

Плотность тока (j А/мм^2) и произведение коэффициентов мощности ($\cos\varphi$) и полезного действия (η) принимаются из табл.4.

Второй метод. Если на электродвигателе сохранилась паспортная табличка, то сечение эффективного проводника или фазы определяется по фазной силе тока ($I_ф$) и плотности тока (j).

$$S = I_ф : j \text{ мм}^2 \qquad (20)$$

Но на паспортной табличке электродвигателя указана номинальная (линейная) сила тока $I_н(I_л)$, поэтому формула 20 пригодна при сопряжении фаз в звезду, а при треугольнике она будет выглядеть так:

$$S = \frac{I_н}{\sqrt{3} \cdot j} \text{ мм}^2, \qquad (20а)$$

j — плотность тока, принимается по табл.4.

Третий метод. Наличие паспортной таблички на ремонтируемом электродвигателе позволяет сравнить с каталогом, в котором имеются данные электродвигателя подобной серии, соответствующего исполнения, числа полюсов, мощности, напряжения и класса изоляции. У таких электродвигателей при одном напряжении (380 В) питающей сети и с одинаковым соединением обмоток сечения фаз равны между собой, а сечение фазы при соединении обмотки в треугольник в 1,73 раза меньше сечения фазы с соединением обмотки в звезду.

Если произведен перерасчет числа эффективных проводников в пазу статора обмотки электродвигателя на другое напряжение, другую частоту тока, другие обороты или другую длину сердечника статора, то для пересчета сечения эффективного проводника и мощности электродвигателя применяется простой метод пропорциональной зависимости между этими параметрами. Выполняется он по формулам 21 и 22:

Таблица 7.

Размеры сечения выводных концов (S мм^2) и их плотности тока (i А/мм^2), допустимая сила това (IA), толщина корпусной изоляции (гильз) для электродвигателей на 380В

Мощность Р кВт	Сечение выводов — мм^2 при соединении обмотки		Плотность тока А/мм^2	Сила тока IA	Толщина гильз
	Y и △ на 3 конца Y на 6 концов	на 6 концов △			
до 1	0,5	0,35	10	5	0,2
1-2	0,75	0,5	9,5	7	0,22
2-3	1	0,75	9	9	0,22
3-5	1,5	1	9	14	0,27
5-10	2,5	1,5	9	23	0,27
10-15	4	2,5	8,5	35	0,3
15-25	6	4	8	50	0,35
25-40	10	6	7,5	75	0,35
40-60	16	10	7	110	0,4
60-80	25	16	6	150	0,4
80-110	35	25	5	190	0,4
110-140	50	25	5	250	0,5
140-170	70	35	4,5	310	0,5
170-200	90	50	4	360	0,6
200-250	110	50	4	440	0,6
250-300	125	70	4	500	0,8
300-400	140	70	4	560	0,8

$$S_н = \frac{N_с \cdot S_с}{N_н} \text{ мм}^2; \quad (21)$$

$$P_н = \frac{P_с \cdot S_н}{S_с} \text{ кВт}, \quad (22)$$

где $P_с$, $N_с$, $S_с$ — мощность в кВт, число и сечение в мм^2 эффективных проводников старого (с известными данными) электродвигателя;

$P_н$, $N_н$, $S_н$ — то же с новыми данными.

В зависимости от силы тока или мощности электродвигателя, по табл.7 выбирают сечение установочного провода для выводных концов.

19. Определение момента вращения электродвигателя — М

$$M = \frac{975 \cdot P}{n} \text{ кг.м.} \quad (23)$$

При пересчете обмотки электродвигателя на меньшую частоту вращения (большее число полюсов) пропорционально увеличивается эффективное число проводников и соответственно уменьшаются их сечение, магнитный поток, магнитная индукция в спинке статора и мощность электродвигателя, тогда как магнитная индукция в зубцах статора и, как видно из формулы 23, вращающий момент остаются неизменными. Учитывая такую зависимость, нет необходимости проверять достаточность вращающего момента при изменении на меньшие обороты.

Иное положение при изменении электродвигателя на большие обороты.

В этом случае спинка не позволяет увеличить магнитный поток, поэтому уменьшить число проводников в пазу невозможно, а значит, и увеличить мощность электродвигателя. В связи с этим нарушается пропорциональная зависимость, указанная выше.

Допустим, требуется произвести замену обмотки электродвигателя с 1500 на 3000 об/мин., при этом для увеличения мощности и получения хороших характеристик необходимо число эффективных проводников

уменьшить, а сечение их увеличить порядка в 2 раза, но из-за недостаточной высоты спинки статора они остаются числом, какое их было при 1500 об/мин.

Казалось бы, раз остается неизменным сечение провода, то и мощность электродигателя должна остаться такой, какой она была при 1500 об/мин. За счет увеличения числа оборотов хотя и снизится в два раза вращающий момент, все же электродвигатель должен бы работать нормально. Но только по сечению провода нельзя судить о сохранении мощности двигателя, необходимо еще сохранить магнитную индукцию в зубцах в пределах 1,2 — 1,3 Тл.

Как указывалось раньше, с увеличением оборотов (уменьшением полюсов) увеличивается полюсное деление (в данном случае в 2 раза), поэтому если при неизменном потоке магнитная индукция в спинке остается прежней, то в зубцах она уменьшится в два раза.

При таком снижении индукции насыщение зубцов будет слабое, и это приведет к уменьшению тока намагничивания (холостого хода) не в $2^2 = 4$ раза, а в значительно большей степени, как минимум, в $2^3 = 8$ раз. Такой ток будет недостаточным даже для электродвигателя со старой мощностью, что в свою очередь ослабит вращающий момент, и электродвигатель будет непригоден для повышенных оборотов. Это еще раз подтверждает, что на 3000 об/мин. электродвигатель изменить нельзя даже с с 1500 об/мин. из-за слабого момента вращения.

При увеличении оборотов электродвигателя возникает необходимость проверки достаточности вращающего момента. Сначала определяются моменты вращения старого ($M_с$) и нового ($M_н$), а потом они сравниваются между собой. Отношение старого к новому моменту вращения должно быть равно или близко к единице:

$$\frac{M_с}{M_н} = 1—1,25.$$

Большая разница между старым и новым вращающими моментами указывает на завышенное число проводников в пазу статора, а значит — низкую магнитную индукцию в зубцах, малый ток холостого хода и слабый вращающий момент на увеличенных оборотах электродвигателя.

V. ЗАМЕНА ОБМОТКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДРУГИМИ ПРОВОДАМИ

При замене в электродвигателе обмотки, вышедшей из строя, важно сохранить не только эффективное число проводников в пазу статора, но и их сечение. При этом общее сечение фаз должно быть равно сечению заводского исполнения. До 1980 года обмотки выполнялись проводом старых стандартов, поэтому сегодня мы не всегда можем добиться равенства сечения по новому стандарту диаметров, не исключено отклонение общего сечения фаз, которое не должно превышать 3 процентов.

Если разница старых и новых стандартов диаметров или отсутствие ассортимента проводов не позволяют приблизить сечение фаз к заводскому, то этого можно добиться изменением числа параллельных ветвей.

Заменяя провода одних размеров другими, более мелкими, необходимо учитывать их изоляцию и не допускать ухудшения заполнения пазов, иначе уменьшится чистое сечение меди. При занижении сечения провода повышается плотность тока, значит, работая с номинальной нагрузкой, нагрев изоляции проводов и корпусной в электродвигателе будет выше допустимого.

Завышая при укладке обмотки сечение провода или применяя провод с утолщенной изоляцией, происходит чрезмерное уплотнение в пазах, в результате чего возможно повреждение изоляции. Указанные отклонения при замене обмотки могут привести к сокращению срока службы электродвигателей, а иногда к преждевременному выходу их из строя.

20. Замена обмотки электродвигателей с проводами прямоугольного сечения круглыми проводами

Большинство наших заводов в электродвигателях старых серий большой мощности напряжением до 500 В обмотку выполняют жесткими секциями с прямоугольными проводами и волокнистой изоляцией марки ППБД, ППЛБО, ППСД и т.п. В условиях ремонтных предприятий восстановление такой обмотки представляет

значительные трудности из-за невозможности приобретения провода соответствующего профиля. Указанную обмотку можно заменить обмоткой из круглого провода с эмалевой изоляцией без уменьшения мощности электродвигателей. При этом пазовая изоляция и марка провода подбирается не ниже класса изоляции, установленной заводом-изготовителем. Современные изоляции тонкого размера позволяют сохранить заполнение паза всыпной обмоткой. Такие электродвигатели работают надежно, но при этом необходимо дополнительно изолировать секции лобовых частей и производить более усиленную их увязку и применять пропиточные лаки, хорошо склеивающие витки круглого провода.

Быстроходные электродвигатели имеют тяжелый запуск и повышенные динамические усилия в обмотке, поэтому следует стремиться к уменьшению числа параллельных ветвей, вплоть до последовательной обмотки, как более надежной и позволяющей улучшить крепление секций в лобовой части.

Измененное число параллельных ветвей может привести к тому, что получится дробное расчетное число проводников в пазу при существующем шаге обмотки.

Для того чтобы получить целое число проводников в пазу, необходимо шаг обмотки изменить по отношению к шагу, который был до ремонта обмотки электродвигателя. Некоторая сложность изготовления последовательной обмотки может быть при намотке катушечных групп, так как при этом необходимо применять большое количество параллельных проводов. Следует помнить: у электродвигателей на 3000 об/мин. мощностью более 150 кВт, имеющих очень большие пусковые токи, а следовательно, и повышенные динамические усилия проводов, замены жестких секций на всыпную обмотку лучше избегать.

Замену жестких секций на всыпную обмотку таких электродвигателей можно производить тогда, когда обмотка выполняется на повышенное напряжение. При этом электродвигатель будет работать при нормальном напряжении соединением выводов обмотки треугольником, а запуск производится на звезду через специальный пускатель при незначительной нагрузке. При замене обмотки с проводом прямоугольной формы (с жесткими секциями) на круглый провод (всыпной обмоткой) производится расчет

сечений обеих обмоток. Сечения их должны быть равными или новое можно уменьшить на 10—15 процентов, если корпусная изоляция и марка провода будут приняты на один класс выше.

Например, обмотка электродвигателя имеет класс изоляции «Е» с числом проводников в пазу $N=(5+5)2$, размером провода 3,05х3,28 мм, $a=4$, соединение фаз Y. По специальной таблице находим сечение $S=9{,}51$ мм^2. (При отсутствии таблицы надо произведение размеров уменьшить приблизительно на 5 процентов за счет закругления острых углов при изготовлении провода, что учтено в таблице.) Так как обмотка выполнена в два провода, то при четырех параллельных ветвях сечение эффективного проводника составит $S=9{,}51 \cdot 2=19{,}02$ мм^2. Для замены принимаем (из наличия) провод диаметром $d_э=1{,}6$ мм, которому соответствует сечение $S_э= =2{,}02$ мм^2.

Определим количество элементарных проводников: $N_э=S:S_э=19{,}02:2{,}02=9{,}5$, принимаем 9 проводников, общее сечение которых составит $2{,}02 \cdot 9=18{,}18$ мм^2. На недостающее сечение необходим дополнительно провод $d_э=1{,}06$, который имеет сечение $S_э=0{,}883$ мм^2, тогда сечение будет $S=18{,}18+0{,}883=19{,}06$ мм^2.

Если класс изоляции принять «В», то можно сечение уменьшить до 17 мм^2, тогда диаметр проводов будет: $d_э=1{,}4\text{x}11$

Число эффективных проводников $N=5+5$ и параллельных ветвей $a=4$, а также сопряжение фаз Y сохраняется, иначе необходимо изменить все параметры.

21. Замена всыпных обмоток проводом нового стандарта

Если имеются обмоточные данные в каталоге или они сняты при удалении старой обмотки электродвигателей, у которых диаметры проводов не совпадают с новым стандартом, необходимо производить их пересчет, сохранив сечение эффективного проводника.

Для электродвигателей малой мощности с последовательной обмоткой и эффективными проводниками, имеющими не более трех элементарных проводников, вместо диаметра провода старого стандарта можно принять

ближний диаметр провода нового стандарта, при этом отклонение в сечении эффективного проводника не превысит ±2 процентов.

Для электродвигателей большой мощности, у которых в обмотке эффективный проводник имеет более трех элементарных (параллельных) проводов или образованы параллельные ветви (a), необходимо вначале со старым, а потом с принятым новым стандартом провода определить сечение фазы ($S_ф$) по соотношению

$$S_ф = a \cdot S_э \cdot N_э, \qquad (24)$$

где произведение сечения элементарного проводника ($S_э$), на количество элементарных проводов ($N_э$) определяет сечение эффективного проводника

$$S = S_э \cdot N_э$$

При большом отклонении сечения фазы с проводом нового стандарта можно изменить число параллельных ветвей, а значит, количество элементарных проводов по сравнению с заводскими. Если заводское расчетное число эффективных проводников при последовательной обмотке было дробным, а для получения целого числа приняты параллельные ветви, то при замене проводов с диаметром нового стандарта надо оставить такое же число параллельных ветвей или только увеличить их возможное число, соответственно увеличив число эффективных проводников в пазу статора. Выбирая провод, необходимо учитывать, что быстроходные электродвигатели имеют шаг обмотки больший, чем тихоходные, поэтому при укладке обмотки во избежание надрыва корпусной изоляции (пазовых коробов или гильз) на выходе из паза для первых применяются меньшие диаметры проводов.

При пересчете обмотки вместо одного провода принимают несколько проводов одинакового диаметра или вместо положенных по каталогу нескольких проводов одинакового диаметра берут лишь один, при этом с помощью существующих таблиц по сечению определяется диаметр провода и наоборот. Для сокращения времени предлагается формула, по которой можно сразу опреде-

лить необходимые диаметры проводов без перевода в сечение:

$$d_n = \frac{d}{\sqrt{n_d}} \qquad (25)$$

где

d — диаметр большого провода в мм;
d_n — диаметр нескольких меньших проводов в мм;
n_d — число проводов меньших диаметров.

Из формулы видно, что при замене одного провода большего диаметра несколькими проводами с меньшим одинаковым диаметром (не переводя в сечение), диаметр меньшего провода равен диаметру одного провода большего диаметра, поделенному на корень квадратный из числа проводов с меньшим диаметром,
или

$$d = d_n \cdot \sqrt{n_d}. \qquad (25а)$$

При замене нескольких проводов одинакового диаметра одним проводом большего диаметра без перевода в сечение, диаметр большего проводаравен диаметру меньших проводов, умноженному на корень квадратный из числа проводов меньшего диаметра.

Пример: обмотка электродвигателя выполнена одним проводом диаметром 1,8 мм. Необходимо заменить его четырьмя проводами:

$$d_n = \frac{d}{\sqrt{n_d}} = \frac{1{,}8}{\sqrt{4}} = \frac{1{,}8}{2} = 0{,}9 \text{ мм.}$$

Проверим, соответствует ли общее сечение четырех меньших проводов сечению одного провода большего диаметра.

Диаметр одного провода 1,8 мм соответствует сечению 2,54 мм^2. Диаметр 0,9 мм х 4 соответствует 0,636 х 4 = = 2,544 мм^2 (см. табл.5).

22. Замена медного провода алюминиевым

В электродвигателях старых типов, в том числе и серии А, АО, обмотки, выполненные медным проводом на заводах, но вышедшие в процессе эксплуатации из строя, при ремонте можно заменить более экономичным алюминиевым проводом марки ПЭВА и ПЭТВА соответствующего класса изоляции. При этом необходимо учитывать, что проводимость меди в 1,63 раза выше алюминия, значит, для сохранения мощности электродвигателя сечение алюминиевого провода должно быть в 1,63 раза больше медного.

Но обычно обмоточные провода выбираются по диаметру, поэтому для удобства расчетов выведены соотношения замены проводов не по сечениям, а по диаметрам. При замене медного провода алюминиевым в соответствии с проводимостью, без перевода в сечение, диаметр алюминиевого провода (d_a) равен диаметру медного провода ($d_м$), умноженному на 1,28 или поделенному на 0,78.

$$d_a = d_м \cdot 1{,}28 = d_м : 0{,}78.$$

Например, необходимо заменить медный провод диаметром 1,5 мм алюминиевым проводом, диаметр которого равновелик по проводимости

$$d_a = d_м \cdot 1{,}28 = 1{,}5 \cdot 1{,}28 = 1{,}92 \text{ мм}.$$

Ближайший стандартный диаметр по табл.5 будет 1,9 мм.

Как видно, диаметр алюминиевого провода значительно больше медного, следовательно, замена может быть произведена в том случае, если ранее в электродвигателе обмотка была выполнена проводом с утолщенной изоляцией марки ПБД, ПЭЛБО, ПСД и т.п.

Возможна замена медного провода алюминиевым и в том случае, если корпусная изоляция ранее была выполнена низшим классом изоляции и, следовательно, большей толщины. В этом случае больший диаметр алюминиевого провода можно вместить в пазы за счет замены корпусной изоляции более тонкой и высокопрочной (как в механическом, так и в электрическом отношении). Такая замена возможна в некоторых электродвигателях серий А2, АО2, у которых обмотка заводами выполнена медным проводом с эмалевой изоляцией.

23. Замена провода при перемотке обмотки электродвигателей напряжения 220/380 В на 380/660 В и 500 В

При перемотке обмотки электродвигателей на другое напряжение изменяется число проводников в пазу и сечение провода. Более распространенным напряжением сети считается 380 В, поэтому в практике чаще всего приходится обмотку электродвигателей, рассчитанных на 220/380 В менять на 380/660 В при соединении в обоих случаях обмоток треугольник — звезда (△/*Y*).

Это необходимо для того, чтобы для некоторых быстроходных электродвигателей большой мощности облегчить запуск путем переключения со звезды на треугольник или необходимость заставляет в связи с ограниченным ассортиментом размеров проводов.

Кроме того, принятие решения изменения существующей обмотки связано с расчетным числом проводников в пазу статора.

Так, например, если при напряжении 220/380 В расчетное число проводников получается дробным и равно 11,6, то при напряжении 380/660 В это число будет уже целым, равным 20 и наоборот, если при напряжении 380/660 В число проводников получается 17,3, то при напряжении 220/380 В оно будет равно 10.

При замене обмотки электродвигателя с изменением или сохранением его параметров можно принимать любое возможное число параллельных ветвей и любой размер провода, при этом соответственно делается пересчет числа эффективных проводников и их сечения.

При выборе параллельных ветвей необходимо стремиться к меньшему их числу, а диаметр элементарных проводников должен свободно проходить в шлиц паза и легко изгибаться в лобовой части.

С изменением обмотки электродвигателя с 220/380 В на 380/660 В или наоборот соответственно изменяется число эффективных проводников в пазу и сечение их в $\sqrt{3} = 1,73$ раза, а с пересчетом обмотки с 380 В на 500 В или наоборот — в 1,32 раза, сохраняя такое же сопряжение фаз, при этом все остальные параметры остаются неизменными.

При подборке провода для обмотки обычно пользуются диаметрами. Заменяя обмотку с напряжения 220/380 В на 380/660 В или наоборот, диаметры проводов изменяются в 1,315 раза, а с 380 В на 500 В и наоборот — в 1,15 раза при одинаковом сопряжении фаз. Но для подсчета этих величин даже по упрощенным уравнениям также затрачивается время, поэтому для ускорения выдачи работы обмотчикам приведены готовые данные: замена проводов по диаметрам определяется по табл.8, а замена числа проводников — по табл.9.

Так как напряжение 127/220 В и 290/500 В встречается очень редко, для них таблицы не предусмотрены.

С заменой обмотки с одного на другое напряжение, несмотря на то, что получается новое число проводников в пазу и сечение провода, мощность электродвигателя не изменяется, так как при этом ампервитки (МДС),

Таблица 8.

Замена диаметров проводов в зависимости от выполнения обмотки электродвигателей для включения в сеть напряжением 380В

220/380 В Y	380/660 В Δ	220/380 В Y	380/660 В Δ
0,25	0,18	0,85	0,63
0,265	0,2	0,9	0,67
0,28	0,212	0,95	0,71
0,3	0,224	1	0,75
0,315	0,236	1,06	0,8
0,335	0,25	1,12	0,85
0,355	0,265	1,18	0,9
0,375	0,28	1,25	0,95
0,4	0,3	1,32	1
0,425	0,315	1,4	1,06
0,45	0,335	1,5	1,12
0,475	0,355	1,6	1,18
0,5	0,375	1,7	1,25
0,53	0,4	1,8	1,32
0,56	0,425	1,9	1,4
0,6	0,45	2	1,5
0,63	0,475	2,12	1,6
0,67	0,5	2,24	1,7
0,71	0,53	2,36	1,8
0,75	0,56	2,5	1,9
0,8	0,6	2,65	2

Таблица 9.

Число проводников в пазу в зависимости от напряжения при соединении обмоток — △/Y

220/380 В	380/660 В	220/380 В	380/660 В	220/380 В	380/660 В
2	3,46	42	72	82	142
3	5,19	43	74	83	144
4	7	44	76	84	146
5	8,65	45	78	85	148
6	10,38	46	79	86	150
7	12,11	47	80	87	152
8	13,84	48	82	88	154
9	15,57	49	84	89	155
10	17,3	50	86	90	156
11	19	51	88	91	158
12	21	52	90	92	160
13	23	53	92	93	161
14	24	54	94	94	163
15	26	55	96	95	165
16	28	56	98	96	166
17	30	57	99	97	168
18	31	58	101	98	169
19	33	59	102	99	171
20	35	60	104	100	173
21	36	61	105	101	175
22	38	62	107	102	176
23	40	63	108	103	178
24	42	64	110	104	180
25	43	65	112	105	182
26	45	66	114	106	183
27	46	67	116	107	185
28	48	68	118	108	187
29	50	69	120	109	189
30	52	70	121	110	190
31	53	71	122	111	192
32	54	72	124	112	194
33	56	73	126	113	195
34	58	74	128	114	197
35	60	75	130	115	199
36	62	76	132	116	201
37	64	77	134	117	203
38	66	78	135	118	204
39	68	79	136	119	205
40	69	80	138	120	207
41	71	81	140	121	209

а значит, и магнитный поток остаются прежними.

При изменении электродвигателя на другое напряжение обмотку статора необходимо выполнять по новым данным.

Если электродвигатель имеет фазный ротор, то его обмотку можно сохранить, при этом с уменьшением напряжения она переключается со звезды на треугольник или в две параллельные ветви, а с увеличением напряжения переключается с треугольника на звезду или последовательно, но если этого сделать нельзя, то можно оставить без изменения и проверить, чтобы на кольцах напряжение не слишком превышало допустимые нормы. В противном случае обмотка ротора полностью заменяется по новым данным.

24. Замена различных обмоток 2р = 2 на цепную обмотку

Двухполюсные электродвигатели малой мощности порядка до 20 кВт изготовлены с малой расточкой активной стали статора и обычно выполняются однослойной обмоткой «вразвалку», которая трудно укладывается из-за большого шага, или двухслойной обмоткой, требующей уплотнения в пазах провода из-за изоляционных прокладок в пазах между секциями. Наличие большего числа секций увеличивает трудоемкость, кроме того, при выполнении обеих обмоток бессхемными (без паек) вторые катушечные группы должны переворачиваться на 180 градусов для получения соединения концов с концами (в каждой фазе), что также создает неудобство.

Чтобы избавиться от большого шага при «развалке» в однослойной обмотке и неудобств в обоих обмотках, указанных выше, необходимо переходить на цепную обмотку с укороченным шагом, к тому же лучше выполнять ее параллельно. Если однослойная обмотка «вразвалку» или двухслойная обмотка выполнена последовательно, то число проводников в пазу необходимо увеличить, а сечение провода — уменьшить в 2 раза. Кроме того, заменяя однослойную обмотку «вразвалку» цепной, число проводников в пазу надо дополнительно увеличить

в обмоточный коэффициент, по расчету это будет на 5%, если при Z = 24 принят шаг 9, а при Z = 36 принят шаг 13, и на 10%, если шаги приняты соответственно 7 и 11 (ниже приводятся примеры пересчета на цепную обмотку).

При переходе с двухслойной обмотки на цепную число проводников дополнительно не увеличивается, если их шаги одинаковы. Если же в двухслойной обмотке шаг четный, то для цепной обмотки принимается нечетный шаг и делается пересчет числа проводников в пазу статора (см. раздел «Разновитковые двухслойные обмотки»).

Пример 1. Электродвигатель 4 А132М2, Р = 11 кВт, Z = 24, обмотка последовательная «развалка» — q = 4 = 2 + + 2, N = 21, $a = 1$, d = 1,18 х 3 = 1,4 х 2, У = 10(1-11) — равносекционная обмотка или $У_1 = 11$(1-12) и $У_2 = 9$(2-11) — концентрическая обмотка, откуда $У_{ср} = (11 + 9) : 2 = 10$(1-11). Такая однослойная обмотка «вразвалку» считается укороченной от диаметральной на 2 паза, от него и подсчитывается увеличение проводников в пазу при переходе на цепную обмотку, допустим, шаг — $У_у = 7$(1-8), что составляет 10%.

1.1. При $a = 2$ увеличиваем число проводников в 2 раза N = 21 х 2 = 42;

1.2. Дополнительно увеличиваем число проводников на обмоточный коэффициент или на 10%, тогда N = 42 • 1,1 = 47;

1.3. Уменьшим сечение в 2 раза, d = 1,4, можно принять d = 1,32 мм.

Пример 2. Электродвигатель 4 А112М2, Р = 7,5 кВт, Z = 24, $a = 2$, N = 52, d = 1,25, У = 10(1-11), «вразвалку»:

2.1. Увеличим число проводников в пазу только на обмоточный коэффициент (на 5%) при $У_у = 9$(1-10), N = 52 • 1,05 = 55;

2.2. Диаметр провода остается неизменным, так как для мелких электродвигателей заполнение паза не изменится.

Пример 3. Электродвигатель АО2-51-2, Р = 10 кВт, Z = 24, q = 4, $a = 2$, обмотка двухслойная У = 9(1-10), N = 25 + 25. В цепной обмотке шаг должен быть нечетным, поэтому остается тот же. Следовательно, число параллельных ветвей $a = 2$ и количество проводников N = 50 остаются прежними и с тем же сечением.

Так как при переходе с однослойной обмотки «вразвалку на цепную уменьшается реактивный ток, а значит, улучшается коэффициент мощности (cosφ), кроме того замена производится для малой мощности, то можно уменьшить диаметр провода на одну ступень, что позволит вместить в паз увеличенное число проводников.

25. Испытание обмотки и проверка электродвигателей до 500 В

Измерение сопротивления изоляции обмотки между фаз и на корпус. После пропитки и сушки обмоток испытание сопротивления изоляции производится мегомметром 500 или 1000 В.

Норма сопротивления изоляции не предусмотрена, но, исходя из практики, она должна быть: после частичного ремонта обмотки у статора — 1Мом и у ротора — 0,5 Мом, а после полной замены обмотки у статора — 3 Мом и у ротора — 2 Мом.

Испытания электрической прочности изоляции обмотки. Электрическая прочность изоляции обмотки испытывается высоковольтным трансформатором напряжения (НОМ).

Норма испытания предусмотрена: для статоров мощностью до 3 кВт—1,3 кВ и для статоров мощностью свыше 3 кВт и роторов — 1,8 кВ.

Проверка обмотки на витковое замыкание. Наличие или отсутствие виткового замыкания, обрыв в фазах и правильное соединение схемы производятся аппаратом СМ-1, СМ-2 и более совершенным ЕЛ-1.

Испытание электродвигателя на холостом ходу. После сборки электродвигатель прокручивается: на номинальном напряжении в течение 30 .мин. (проверяется нагрев частей) и с повышенным напряжением на 30 процентов в течение 1 мин. (проверяется межвитковая прочность).

Надежность работы электродвигателя обеспечивается, когда лобовые части обмотки отстоят от металлических частей корпуса на 10—15 мм, а подшипники качения в подшипниковых щитах имеют осевое перемещение 0,5—1,5 мм и заполняются смазкой на 2/3 объема.

VI. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ

Приступая к расчету, необходимо убедиться, к какой серии относится электродигатель, какое его исполнение заводом-изготовителем и, если это возможно, выяснить класс корпусной изоляции и марку обмоточного провода.

Точность расчета зависит от правильного замера частей активной стали (сердечника) статора, выбора величин магнитных индукций по табл.2 и обмоточного коэффициента укорочения шага обмотки по табл.3.

Для доказательства правильности выведенных формул берем серийные электродигатели с наличием паспортных и каталожных данных.

Пример 1. Электродигатель А—42/4, мощностью $P = 2{,}8$ кВт, обмотка однослойная, напряжение 220/380 В, исполнение защищенное, сердечник статора имеет размеры $D = 11{,}2$ см, $l = 11{,}5$ см, $b = 0{,}47$ см, $h = 1{,}55$ см, $Z = 36$, $Z_2 = 26$, необходимо определить:

1.1. Число полюсов в заводском изготовлении;
1.2. Число эффективных проводников с диаметральным шагом на 220/380 В;
1.3. Число эффективных проводников в пазу с диаметральным шагом при напряжении 500 В, соединение фаз в звезду (Y);
1.4. Число эффективных проводников в пазу при частоте 100 Гц;
1.5. Число эффективных проводников при пересчете на 1000 об/мин;
1.6. Число эффективных проводников при пересчете на 3000 об/мин.;
1.7. Сечение эффективного проводника;
1.8. Фазную и номинальную силу тока, мощность и момент вращения;
1.9. Проверить соотношение пазов статора и ротора.

1.1. Определяем число полюсов в заводском исполнении по формуле 1:

$$2p = \frac{0{,}35 \cdot Z \cdot b}{h} = \frac{0{,}35 \cdot 36 \cdot 0{,}47}{1{,}55} = 3{,}8 = 4.$$

1.2. Определим число эффективных проводников в пазу статора для обмотки с диаметральным шагом по формуле 2.

По табл.2 магнитная индукция в зубцах $B_з = 1{,}6Тл$

$$N = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_з \cdot K_y} = \frac{4 \cdot 10^5}{36 \cdot 36 \cdot 11{,}5 \cdot 0{,}47 \cdot 1{,}6 \cdot 1} =$$

$= 35{,}6 = 36.$

Проверяем магнитную индукцию в спинке сердечника статора.

$$B_c = \frac{\pi \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot h \cdot N \cdot K_y} = \frac{3{,}14 \cdot 10^4}{36 \cdot 11{,}5 \cdot 1{,}55 \cdot 36 \cdot 1} =$$

$= 1{,}4$ Тл.

Магнитная индукция в спинке не превышает данных в табл.2. Диаметральный шаг обмотки определяется по формуле 5:

$$У = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9 \text{ или } (1\text{-}10).$$

Число пазоа на полюс и фазу определим по формуле 6:

$$q = \frac{Z}{6p} = \frac{36}{6 \cdot 2} = 3.$$

1.3. Определяем число эффективных проводников в пазу при напряжении 500 В, соединением выводов обмотки в звезду по формуле 7. При этом фазное напряжеиие будет:

$$U_ф = \frac{U_л}{1{,}73} = \frac{500}{1{,}73} = 290 \text{ В};$$

$$N_н = \frac{N_c \cdot U_н}{U_c} = \frac{36 \cdot 290}{220} = 47.$$

1.4. Определим число эффективных проводников в пазу при частоте 100 Гц.

При частоте тока $f = 50$ Гц число эффективных проводников $N_c = 36$, новое число проводников определим по формуле 11:

$$N_н = \frac{N_c \cdot f_c}{f_н} = \frac{36 \cdot 50}{100} = 18 \text{ проводников.}$$

1.5. Определим число эффективных проводников в пазу статора при изменении вращения на 1000 об/мин.

Магнитную индукцию в зубцах принимаем из табл.2: $B_3 = 1{,}65$ Тл;
по формуле 2:

$$N = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_3 \cdot K_y} = \frac{6 \cdot 10^5}{36 \cdot 36 \cdot 11{,}5 \quad 0{,}47 \cdot 1{,}65 \cdot 1} =$$

$= 50{,}6;$

по формуле 14:

$$N_н = \frac{N_c \cdot p_н}{p_c \cdot 1{,}1} = \frac{36 \cdot 3}{2 \cdot 1{,}1} = \frac{108}{2{,}2} = 50 \text{ проводн.}$$

Как видно, по обеим формулам получается результат, близкий друг к другу (отклонение составляет 2%), а это подтверждает, что при замене обмотки электродвигателя на меньшую частоту вращения можно пользоваться и формулой пропорциональной зависимости между числом проводников в пазу статора и числом пар полюсов.

1.6. Определим число проводников в пазу на 3000 об/мин. ($p = 1$), ($2p = 2$) по формуле (3а) с размером спинки. Принимаем максимальную магнитную индукцию в спинке $B_c = 1{,}65$ Тл(из табл.2):

$$N = \frac{\pi \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot h \cdot B_c \cdot K_y} = \frac{3{,}14 \cdot 10^4}{36 \cdot 11{,}5 \cdot 1{,}55 \cdot 1{,}65 \cdot 1} = 30 \quad \text{пр.}$$

По формуле 2 с размером зубца и числом полюсов

$$N = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_3 \cdot K_y} = \frac{2 \cdot 10^5}{36 \cdot 36 \cdot 0{,}47 \cdot 11{,}5 \cdot 1{,}55 \cdot 1} =$$

$= 18$ пров.

Магнитная индукция в зубцах по табл.2 принята 1,55 Тл.

Для большей наглядности произведем пересчет обмотки электродвигателя А—42/4 на различное число полюсов по формуле с размером зубца и с размером спинки на несколько ступеней оборотов.

При пересчете на разную частоту вращения электродвигателя по формуле с размером зубца в зависимости от числа полюсов получилось: на 2 полюса — 18, на 4 полюса — 36, на 6 полюсов — 50 и на 8 полюсов — 66 проводников, а при пересчете по формуле с размером спинки получилось соответственно 30, 31, 32, 33 проводников. Спинка является постоянной величиной, и должен бы быть один результат, но разница в числе проводников на единицу получилась за счет различной допустимой магнитной индукции по ступеням в зависимости от числа полюсов. Отсюда можно судить, что электродвигатель изготовлен на одну ступень четырехполюсным, так как по зубцам получилось 36, а по спинке 31 проводник.

Несмотря на то, что спинка имеет некоторый запас, при 4 полюсах все же электродвигатель непригоден как двухполюсный, так как нормальная работа двухполюсного электродигателя должна быть при 18 проводниках, при которых сохранится величина магнитной индукции в зубцах, какая была при 4 полюсном электродвигателе, то есть 1,55 Тл (см. расчет выше). Но если оставить в пазу 18 проводников, то магнитная индукция в спинке будет:

$$B_c = \frac{\pi \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot h \cdot N \cdot K_y} = \frac{3{,}14 \cdot 10^4}{36 \cdot 11{,}5 \cdot 1{,}55 \cdot 18 \cdot 1} = 2{,}72 \quad \text{Тл}$$

Такая магнитная индукция в спинке недопустима, значит, чтобы она была в пределах норм, необходимо оставить в пазу 30 проводников (см. расчет выше).

При этом казалось бы должна повыситься мощность электродвигателя порядка до 3 кВт за счет увеличения сечения провода, так как при четырехполюсном электродвигателе в пазу было 36 проводников, а при двухполюсном — на 6 проводников меньше.

Но мощность электродвигателя зависит не только от достаточного сечения провода, а также и от нормального магнитного насыщения стали зубцов (но не стали спинки), а значит, и достаточного момента вращения.

С 30 проводниками в пазу статора при двухполюсном электродвигателе число проводников будет увеличено по сравнению с расчетным 30:18= в 1,66 раза; поэтому магнитная индукция в зубцах статора будет очень низкая.

Если при четырехполюсном электродвигателе магнитная индукция в зубцах была 1,6 Тл то при увеличении числа проводников в 1,66 раза при двухполюсном электродигателе, магнитная индукция в зубцах уменьшится в $1{,}66^1$ раза (в первой степени) и будет иметь величину 1,6:1,66 = 0,96 Тл.

Можно проверить индукцию по формуле 2, преобразованной с размером зубца, и получим тот же результат:

$$B_з = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot N \cdot K_у} = \frac{2 \cdot 10^5}{36 \cdot 36 \cdot 11{,}5 \cdot 0{,}47 \cdot 30 \cdot 1} = 0{,}95 Тл$$

Если магнитная индукция уменьшилась в 1,66 раза (в первой степени), то ток намагничивания (холостого хода) уменьшится даже не в $1{,}66^2$, а в значительно большей степени.

В результате этого вращающий момент, если при четырех полюсах был достаточен:

$$M_с = \frac{975 \cdot P_с}{n} = \frac{975 \cdot 2{,}8}{1500} = 1{,}88 \text{ кгм},$$

то при двух полюсах значительно уменьшится и станет

$$M_н = \frac{975 \cdot P_н}{n} = \frac{975 \cdot 3}{3000} = 0{,}97 \text{ кгм},$$

тогда как при нормальных условиях работы новый вращающий момент электродвигателя с увеличением частоты вращения должен быть близким к старому.

При нагрузке электродвигатель затормозится и выйдет из строя. Это подтверждает, что заменять обмотку электродвигателя на частоту вращения 3000 об/мин., даже с 1500 об/мин. не рекомендуется.

1.7. Определяем сечение провода по фазной силе тока для электродигателя А—42/4, $P=2{,}8$ кВт, $I_ф=6{,}1А$ — указано на паспортной табличке.

По табл.4 плотность тока принимается: $j=5{,}8$ А/мм^2. $S=I_ф : j=6{,}1:5{,}8=1{,}05$ мм^2, $d=1{,}18$ мм.

При пересчете этого электродвигателя на 1000 оборотов было получено 50 проводников. Сечение провода изменится соответственно изменению числа проводников, по формуле 21.

$$S_н=\frac{N_c \cdot S_c}{N_н}=\frac{36 \cdot 1{,}05}{50}=0{,}76\ мм^2; \quad d=1\ мм.$$

1.8. Определяем фазную силу тока, мощность и момент вращения электродвигателя при 1000 об/мин.

По табл.4 принимаем плотность тока $j=5{,}7$ А/мм^2, КПД и $\cos_\varphi$ в произведении — 0,65.

Фазная сила тока будет:

$I_ф=S \cdot j=0{,}76 \cdot 5{,}7=4{,}3А.$

При соединении выводов обмотки в звезду (*Y*) фазный и номинальный ток равны — $I_ф=I_н$.

Номинальная мощность с ухудшением охлаждения на 10% определяем по формуле 19:

$$P_н=\frac{3 \cdot I_ф \cdot U_ф \cdot \eta \cdot \cos_\varphi}{1000 \cdot 1{,}1}=\frac{3 \cdot 4{,}3 \cdot 220 \cdot 0{,}65}{1000 \cdot 1{,}1}=1{,}86\ кВт.$$

Проверим, какая будет мощность по формуле пропорциональной зависимости — 22:

$$P_н=\frac{P_c \cdot S_н}{S_c \cdot 1{,}1}=\frac{2{,}8 \cdot 0{,}76}{1{,}05 \cdot 1{,}1}=1{,}84\ кВт.$$

По обеим формулам мощность близка, можно принять 1,85 кВт.

Определим вращающие моменты для обоих электродвигателей и сравним их:

$$M_c=\frac{975 \cdot P_c}{n}=\frac{975 \cdot 2{,}8}{1500}=1{,}82\ кгм,$$

$$M_н = \frac{975 \cdot P_н}{n} = \frac{975 \cdot 1,8}{1000} = 1,8 \text{ кг.м.}$$

$$\frac{M_c}{M_н} = \frac{1,82}{1,8} = 1,01$$

отношение моментов близко к единице, значит, вращающий момент при $2p = 6$ — достаточен.

1.9. Проверим, не нарушается ли магнитная взаимосвязь между статором и ротором электродигателя А—42/4 при $Z = 36$, $Z_2 = 26$, в случае его изменения частоты вращения на 1000и 3000 об/мин.

Так как числа пазов ротора и статора являются постоянными величинами, то по одним и тем же результатам первого условия можно судить о возможности переделки электродвигателя на любое число полюсов.

25:36 = 0,72; 26-36 = -10; 26-18 = +8; 26-72 = -46.

Учитывая, что число пар и число полюсов величины изменяющиеся, по второму условию необходимо производить проверку для каждого числа оборотов.

Проверим электродвигатель в заводском изготовлении на 1500 об/мин., $2p = 4$, $(p = 2)$,

26—(4 • 6) = 26—24 = 2.

Проверим электродвигатель на 1000 об/мин.

26—(6 • 3) = 26—18 = 8.

Проверим электродигатель на 3000 об/мин.,

26—(2 • 12) = 26—24 = 2.

Из проверки видно, что в заводском исполнении электродигатель на 1500 об/мин. и при переделке на 1000 об/мин. — по обоим условиям все неравенства соблюдены, а на 3000 об/мин. по второму условию получен результат — 2, равный числу полюсов — 2p и p + 1, что недопустимо.

Изменять число оборотов электродвигателя А — 42-4 на 3000 об/мин., даже если бы это позволил размер спинки, не рекомендуется, так как возможны застревание ротора, шум и вибрация.

Пример 2. Электродигатель 4АН 225М4 $P = 75$ кВт, $Z = 48$, 220/380 В, с размерами сердечника $D = 28,4$ см, $L = 20$ см, $h = 3,5$ см, $b = 0,786$ см. Определить обмоточные данные в заводском изготовлении и при пересчете на 750 и 3000 об/мин.

2.1. Определим число полюсов по формуле 1:

$$2p = \frac{0{,}35 \cdot Z \cdot b}{h} = \frac{0{,}35 \cdot 48 \cdot 0{,}786}{3{,}5} = 3{,}73 = 4.$$

2.2. Диаметральный шаг обмотки и число пазов на полюс и фазу получим по формулам 5 и 6:

$$У_d = \frac{Z}{2p} = \frac{48}{4} = 12(1—13); \quad q = \frac{Z}{6p} = \frac{48}{6 \cdot 2} = 4.$$

2.3. По табл.3 для двухслойной обмотки при $q = 4$ с наивыгоднейшим укорочением шага $У_у = 10(1—11)$, обмоточный коэффициент $K_у = 0{,}97$.

2.4. По табл.2 магнитная индукция в зубцах при $2p = 4$ с диаметром расточки до 30 см принимается максимальная и добавляется 15% для серии 4А.

$$B_з = 1{,}6 + 15\% = 1{,}6 + 0{,}24 = 1{,}84 \text{ Тл}.$$

2.5. Число эффективных проводников в пазу статора определяем по формуле 2:

$$N = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_з \cdot K_у} = \frac{4 \cdot 10^5}{48 \cdot 48 \cdot 20 \cdot 0{,}786 \cdot 1{,}84 \cdot 0{,}97} = 6{,}15 = 6.$$

Дробь 0,15 составляет 2,5%, округляем до 6 проводников.

2.6. Проверяем магнитную индукцию в спинке по формуле 3:

$$B_c = \frac{\pi \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot h \cdot N \cdot K_у} = \frac{31400}{48 \cdot 20 \cdot 3{,}5 \cdot 6 \cdot 0{,}97} = 1{,}6 \text{ Тл}$$

2.7. Определим размер провода по методу заполнения паза.

Заполняя паз стальными спицами (шаблонами) $d_п = 1{,}80/2$ мм ($S_п = 2{,}54$), вместилось $N_п = 46$. Сечение эффективного проводника находим по формуле 15:

$$S = \frac{S_п \cdot N_п}{N} = \frac{2{,}54 \cdot 46}{6} = 19{,}71 \text{ мм}^2.$$

Сечение эффективного проводника получилось по формуле 15 большое, необходимо принять элементарные проводники и параллельные ветви.

Для данного электродвигателя с двухслойной обмоткой по таблице 1 возможно 2 или 4 параллельные ветви, при этом можно принять 8, 12 или 16 элементарных проводников (кратные — $a = 2,4$).

При 16 проводниках сечение одного будет:

$S_э = S : N_э = 19,71:16 = 1,23 мм^2$; $d_э = 1,25$ мм.

При 12 проводниках слишком большое отклонение в сеченни от расчетного, а при 8 проводиках получается большой диаметр — (1,8 мм), поэтому эти варианты неприемлемы. Приннмаем $a = 4$ $N_э = 16$.

Обмоточные даниые будут: $N_э : a = 16:4 = 4$,

$N_{a4} = 6 \cdot 4 = 24 = (12+12)4$; $d = 1,25$ мм.

Общее число проводников в пазу будет:

$N_о = N_4 \cdot N_э = 24 \cdot 4 = 96$.

Фактическое сечение по сравнеиию с расчетным составит:

$S = a \cdot N_э \cdot S_э = 4 \cdot 4 \cdot 1,23 = 19,7 мм^2$.

2.8. Сделаем пересчет обмотки на 750 об/мии. ($2p = 8$).

Диаметральный шаг и число пазов на полюс и фазу будет:

$У_д = 6(1—7)$, $q = 2$.

Укороченный шаг и обмоточиый коэффициент берем из табл.3.

При $q = 2$, $У_у = 5(1—6)$; $K_у = 0,97$, $ß = 5/6 = 0,83$.

По табл.2 магнитную индукцию в зубцах при $2p = 8$ и диаметре расточки статора до 30 см приннмаем максимальиую и добавляем 15%.

$B_з = 1,75 + 15\% = 1,75 + 0,25 = 2$ Тл.

Число эффективных проводников в пазу определнм по формуле 2:

$$N = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_з \cdot K_у} = \frac{8 \cdot 10^5}{48 \cdot 48 \cdot 20 \cdot 0,786 \cdot 2 \cdot 0,97} = 11,5$$

Магнитная нндукция в спинке снизится в 2 раза.

Пересчитаем число проводников по формуле 14.

$$N_н = \frac{N_c \cdot p_н}{p_c \cdot 1,1} = \frac{6 \cdot 8}{4 \cdot 1,1} = 11 \text{ проводников.}$$

Разница получилась иа 0,5 проводника, оставляем 11,5 проводника, так как магнитная индукция в зубцах

принята высокая — 2 Тл.

Сечение эффективного проводника определим по формуле 21:

$$S_н = \frac{S_c \cdot N_c}{N_н} = \frac{19{,}71 \cdot 6}{11{,}5} = 11{,}3 \text{ мм}^2.$$

При 11,5 эффективиого проводника лучше принять 4 параллельиые ветви, поэтому сечение надо уменьшить в 4 раза — $11{,}3:4 = 2{,}83$ мм², а эффективных проводников увеличить $N_{a4} = 11{,}5 \cdot 4 = 46$.

Число элементарных проводников каждой паралллельной ветви при таком сечении можно принять $N_э = 2$, и определим их сечение.

$S_э = S_н : N_э = 2{,}83 : 2 = 1{,}415$ мм², $d_э = 1{,}32$ мм $\times 2$.

Обмоточные данные будут:

$a = 4$, $N_{a4} = (23 + 23)2$, $d_э = 1{,}32$ мм.

2.9. Пересчитаем обмотку на 3000 об/мин. ($2p = 2$).

Диаметральный шаг и число пазов иа полюс и фазу будут

$У_д = 24(1—25)$, $q = 8$.

По табл.3 укороченный шаг можио принять наибольший при $q = 8$, $У_у = 16(1—17)$, $K_у = 0{,}87$.

Определим число эффективных проводников в пазу по формуле 3а с размером спинки. По табл.2, $B_c = 1{,}7$ Тл.

$$N = \frac{\pi \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot h \cdot B_c \cdot K_у} = \frac{31400}{48 \cdot 20 \cdot 3{,}5 \cdot 1{,}7 \cdot 0{,}87} = 6{,}3$$

Как видио, при самом малом укороченном шаге число проводников стало больше, чем было при четырехполюсном электродвигателе, значит, при увеличенном полюсном делении в 2 раза магнитная индукция в зубцах снизится более чем в 2 раза, а ток холостого хода уменьшится не менее как в 8 раз и двигатель будет иметь слабый пусковой и вращающий момеиты и непригодеи для работы под нагрузкой.

Пример 3. Электродвигатель типа МД2 = 2, $n_c = 3000$ об/мин., $P_c = 3{,}2$ кВт, $U_c = 220/380$ вольт, $f_c = 50$ герц, $N_c = 28$ проводников, $S_c = 1{,}97$ мм², $d_c = 2 \times 1{,}12$ мм, $D_2 = 9{,}2$ мм.

Надо определить все иеобходимые параметры его при перемотке обмотки статора для включения через преобразователь частоты тока $f_н = 100$ герц, напряжением $U_н = 330/570$ вольт, соответственно с повышением мощности.

3.1. Число проводников определяется по формуле 11:

$$N_н = \frac{N_c \cdot f_c \cdot U_н}{f_н \cdot U_c} = \frac{28 \cdot 50 \cdot 330}{100 \cdot 220} = 21 \text{ проводник.}$$

3.2. Сечение провода определяется по формуле 21:

$$S_н = \frac{N_c \cdot S_c}{N_н} = \frac{28 \cdot 1{,}97}{21} = 2{,}63 \text{ мм}^2; \ d = 1{,}32 + 1{,}25 \text{ мм.}$$

Тип обмотки остается прежний.

3.3. Число оборотов изменится пропорционально изменению частоты тока по формуле 10:

$$n_н = \frac{n \cdot f_н}{f_c} = \frac{3000 \cdot 100}{50} = 6000 \text{ об/мин.}$$

3.4. Проверим окружную скорость ротора при новых оборотах по формуле 13:

$$V_р = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_н}{60 \cdot 100} = \frac{3{,}14 \cdot 9{,}2 \cdot 6000}{60 \cdot 100} = 28{,}9 \text{ м/сек.}$$

Окружная скорость вполне допустима.

3.5. Мощность повысится пропорционально изменению сечения провода и напряжения:

$$P_н = \frac{P_c \cdot S_н \cdot U_н}{S_c \cdot U_c} = \frac{3{,}2 \cdot 2{,}62 \cdot 330}{1{,}97 \cdot 220} = 6{,}4 \text{ кВт.}$$

3.6. Проверим достаточность вращающего момента по формуле 23:

$$M_c = \frac{975 \cdot P_c}{n_c} = \frac{975 \cdot 3{,}2}{3000} = 1{,}04 \text{ кгм;}$$

$$M_н = \frac{975 \cdot P_н}{n_н} = \frac{975 \cdot 6{,}4}{6000} = 1{,}04 \text{ кгм.}$$

Отношение старого к новому моменту вращения будет

$$\frac{M_c}{M_н} = \frac{1{,}04}{1{,}04} = 1.$$

Отношение моментов вращения равно единице, следовательно, вращающий момент вполне достаточен.

Пример 4. Определить обмоточные данные и мощность электродвигателя серии 4А закрытого исполнения по длине сердечника $l_н = 16$ см.

В каталоге имеются данные электродвигателя 4А,

132S6, 220/380 В, $P_c = 5{,}5$ кВт, $l_c = 11{,}5$ см, $N_c = 20$, $d_c = 2 \times 1{,}04$ мм, $S_c = 2 \times 0{,}849 = 1{,}7$ мм². Остальные размеры сердечника одинаковые.

4.1. Число проводников определим по формуле 8:

$$N_н = \frac{N_c \cdot l_c}{l} = \frac{20 \cdot 11{,}5}{16} = 14{,}6 = 15 \text{ проводников.}$$

4.2. Сечение провода определим по формуле 21:

$$S_н = \frac{S_c \cdot N_c}{N_н} = \frac{1{,}7 \cdot 20}{15} = 2{,}26 \text{ мм}^2, \quad d_н = 2 \cdot 1{,}18 \text{ мм}$$

4.3. Мощность электродвигателя определим пропорционально увеличению сечения:

$$P_н = \frac{P_c \cdot S_н}{S_c} = \frac{5{,}5 \cdot 2{,}26}{1{,}7} = 7{,}3 \text{ кВт.}$$

Данные электродвигателя соответствуют электродвигателю 4А 132 М6.

4.4. Если этому электродвигателю обмотку выполнить на напряжение 380/660 В, то число эффективных проводников в пазу будет $15 \cdot 1{,}73 = 26$, а сечение провода $S = 2{,}26{:}1{,}73 = 1{,}3$ мм² или $d = 1{,}25$ мм.

Пример 5. Определить обмоточные данные для ротора $Z_2 = 24$, электродвигателя АОК2 — 42 — 4, $P = 4$ кВт, $Z = 36$, $N = 26$, $U = 220/380$ вольт, обмотка однослойная.

5.1. Принимаем линейное напряжение на кольцах ротора $U_2 = 250$ В.

5.2. Определим число проводников в пазу ротора:

$$N_2 = \frac{U_2 \cdot N \cdot Z}{U \cdot Z_2} = \frac{250 \cdot 26 \cdot 36}{380 \cdot 24} = 25{,}7 = 26,$$

или $N_2 = 13 + 13$ с двухслойной обмоткой, как указано в каталоге.

5.3. Определим число пазов на полюс и фазу и шаг обмотки ротора.

$$q_2 = \frac{Z_2}{6 \cdot p} = \frac{24}{6 \cdot 2} = 2, \quad У_2 = \frac{Z_2}{2p} = \frac{24}{4} = 6\,(1-7).$$

5.4. Определим размер обмоточного провода в роторе.

При заполнении паза ротора стальными спицами $D_п = 1{,}08/1{,}2$ мм ($S_п = 0{,}916$ мм²) в паз вместилось $N_п = 77$.

$$S_2 = \frac{S_п \cdot N_п}{N_2} = \frac{0{,}216 \cdot 77}{26} = 2{,}7 \text{ мм}^2, \quad d_2 = 2 \times 1{,}32 \text{ мм}.$$

Если принять напряжение в роторе 200 или 300 вольт, то число проводииков и сечеиие провода изменятся, но так как при этом также изменяется ток в роторе, то мощность остается иеизменной.

Пример 6. Электродвигатель имеет на паспортиой табличке данные: тип — иномарка, $P = 14$ кВт, $U_н = 380$ В, соединение выводов — △, $n = 1470$ об/мин, $I_н = 27{,}2$А, открытое исполнение.

Необходимо определить сечение эффективного проводника:

6.1. При даином напряжеиии — 380 В, соединением выводов — △.

6.2. Для электродвигателя на напряжение — 380 В, соединением — *Y* при подключении выводов на напряжеиие 380 В, как наиболее распростраиениое напряжение (с соответствующим числом проводников в пазу статора).

6.1. Для электродвигателя напряжением 380 В, соединеиием △

$U_ф = U_н$, $I_ф = I_н : 1{,}73 = 27{,}2 : 1{,}73 = 15{,}7$ А.

Принимаем плотность тока в таблице 4 для открытого исполнения и добавляем 15%, как для иномарки $j = 5{,}7$ А/мм^2:

$j = 5{,}7 + 15\% = 5{,}7 + 0{,}86 = 6{,}6$ А/мм^2.

Сечение эффективного проводника (фазы) определим по формуле 14а:

$S = I_ф : j = 15{,}7 : 6{,}6 = 2{,}4$ мм^2.

Сечеиие большое, принимаем два элементариых проводника сечением $S = 2 \times 1{,}2$ мм^2, $d = 2 \times 1{,}25$ мм.

6.2. Для электродвигателя напряжеиием 380 В при включении выводов в звезду (*Y*).

В этом случае $U_ф = U_н : 1{,}73 = 380 : 1{,}73 = 220$ В и $I_ф = I_н$.

Номииальный ток при 380 В соединением выводов в *Y* или △ будет одинаков, значит, при. соединении в звезду (*Y*), $I_ф = I_н = 27{,}2$А.

Сечение эффективного проводника (фазы) на 380 В соединением звезда (*Y*) будет

$S = I_ф : j = 27{,}2 : 6{,}6 = 4{,}12$ мм^2.

Сечение большое, принимаем три элементарных проводника сечением $S = 3 \times 1{,}38$ мм^2, $d = 3 \times 1{,}32$ мм.

VII. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

Подшипники, применяемые для электродвигателей

1.1. Подшипники для электродвигателей серии А, А2.

Тип	Габарит	2р	Номер и размер в миллиметрах				
			на валу №	задний №	внутрен. ∅	наружн. ∅	ширина
АОЛ	3	2,4,6	304	то же	20	52	15
АО	4		306	то же	30	72	19
	5		308	то же	40	90	23
	6	2					
		4,6,8	310	то же	50	110	27
		2					
	7	4,6,8	2312	312	60	130	31
А,АО	8	2	312				
		4,6,8	2314	314	70	150	35
		2	314				
	9	4,6,8	2317	317	85	180	41
АОЛ2	1	2,4,6,8	60304	то же	20	52	15
АО2	2		60305	то же	25	62	17
АОЛ2	3		60306	то же	30	72	19
	4		60308	то же	40	90	23
АО2	5	2,4,6,8	60309	то же			
		2	309				
	6	4,6,8	2309	309	45	100	25
		2	311				
	7	4,6,8	2311	311	55	120	29
А2		2	314	314	77	150	35
АО2	8	4,6,8	2314				
		2	317				
	9	4,6,8	2317	317	85	180	41

1.2. Подшипники для электродигателей серии 4А.

Тип	2р	Номер и размер в миллиметрах				
		на валу №	задний №	внутрен ∅	наружн. ∅	ширина
4А56	2,4	180501	то же	12	32	14
4А63	2,4,6	180502	то же	15	35	14
4А71	2,4,6,8	180604	то же	20	52	21
4А-80-90	2,4,6,8	180605	то же	25	62	24
4А-100	2,4,6,8	180606	то же	30	72	27
4А-112	2,4,6,8	180607	то же	35	80	31
4А—132	2,4,6,8	180609	то же	45	100	36
4А-160	2	310	310	50	110	27
	4,6,8	2310				
4А-180	2	312	312	60	130	31
	4,6,8	2312				
4А-200	2	313	313	65	140	33
	4,6,8	2313				
4А-225	2	314	314	70	150	35
	4,6,8	2314				
4А-250	2,4,6,8	317	317	85	180	41

1.3. Подшипники для электродигателей серии ВАО

Габарит э/двигат.	№ подшипника		Габарит э/двигат.	№ подшипника	
	на валу	задний		на валу	задний
ВАО-0	60203	то же	ВАО-5	60309	то же
ВАО-1	60304	то же	ВАО-6	32309	309
ВАО-2	60305	то же	ВАО-7	32311	311
ВАО-3	60306	то же	ВАО-8	2314	314
ВАО-4	60308	то же	ВАО-9	2317	317

Как определить по диаметру вала электродвигателя номер подшипника качения и наоборот?

Если диаметр вала в мм разделить на 5 то получим последние две цифры номера подшипника.

Например диаметр вала 30 мм делим на 5, 30 : 5 = 6 получим номер подшипника 206, 306, 60306, 80606 и т.д.

Если последние две цифры номера подшипника умножить на 5, то получим диаметр вала.

Например номер подшипника 315, умножаем на 5 получим диаметр вала 15х5 = 75 мм.

Приложение 2.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО КЛАССАМ А, Е, Б, F, Н

2.1. По классу «А»

Электрокартор — ЭВ.
Кабельная бумага — К.
Локоткань — ЛХМ, ЛХБ, ЛШМ, ЛКМ.
Трубка хлорвиниловая и лиоксиновая — ТЛВ, ТЛМ, ТПЛ.
Клин — дерево полутвердое.
Выводные концы — провод ПРГ, ПРГБ, ЛПРГС, ПС, ПВБЛ.
Лак пропиточный — БТ-980, 987, 988.

2.2. ПО КЛАССУ «Е»

Пленкоэлектрокартон — на лавсане или иа винифлексе.
Стеклолакоткань — ЛСМ, ЛСЛ.
Трубка — ТЭС, ТЭЛ.
Стеклолента — ЛЭС, стеклочулок — АСЭЧ.
Клин — дерево твердое, гетинакс Б, текстолит — В.
Выводные концы — провод ЛПЛ, ПВПО, ПРГ-500.
Лак пропиточный — МЛ-92.

2.3. ПО КЛАССУ «Б»

Пленкоасбокартон на пленке ПЭТФ.
Стеклослюдепитр-электрокартон — ССК-П.
Стеклолакорезинослюдопласт — ГИТ-ТР-СР.
Стеклослюдопласт — ГИТ-ЛСБ.
Пленкосинтокартон — ПСК-Л.
Изофлекс — 2В.
Синтофолий — СТГ.
Лакостеклослюдопласт — СПТ-ЛСБ.
Лакостеклослюденит — ГФГС, ГФГС-ЛСБ.
Гибкий миканит — ГФС, ГФЧ, ГФСО, ГФЧО, (ГМС, ГМЧ, ГМСО, ГМЧО).
Гибкий слюденит — ГСП, ГСС.
Слюданитофолий — ССС11.
Гибкий стеклослюденит — $Г_2$СП.
Электронит.
Стеклоткань — ЛСБ, ЛСЭ.
Трубка — ТЭС, ТЭЛ.
Стеклочулок — АСЭЧ, круглая полиэфирная нить.
Клин — стеклотекстолит — СТ, пресс-материал — АГ-4.
Выводные концы — провод ПВСНК.
Лак пропиточный — МЛ-92, водоэмульсионные — 321-В и 321-Т, ПФЛ-8.

2.4. ПО КЛАССУ «F»

Пленкосинтокартон — ПСК-ЛП.
Лакостекломиканит — ГФГС, $ГФГС_2$, $ГФГС_1$-ЛСП.
Пленкослюдопласт — ГИП-ЛСП-ПЛ.
Стекломиканит — ГФГ — АСП, $Г_1Ф_1$, $Г_2ФГ11$.
Гибкий стекломиканит — $Г_2ФЭ1$, $Г_2ФЭ11$, $Г_2ФЭ1$, $Г_2ФГ11$.
Гибкий стеклослюдениt — ГИП-Т-ТСП, $Г_2СП$.
Стеклолакоткань — ЛСП, ЛСКЛ.
Трубка — ТКР, ТКЫ.
Стеклолента — ЛЭС, стеклочулок — АСЭЧ.
Клин — стеклотекстолит — СТЭФ и стеклопластин — СПП-Э.
Выводные концы — провод — ПТЛ-200, РКГМ.
Лак пропиточный — ПЭ-933, 993, КО964Н.

2.5. ПО КЛАССУ «Н»

Гибкий миканит — ГФК.
Лакостеклолюмиканит — ГФКС1 — ЛСК.
Гибкий стеклослюдениt — ГСК, ГС25К-56, ПС, ГС40К-56.
Гибкий стекломиканит — $Г_2ФК1$, $Г_2ФК11$.
Микотканеслюденитопласт — ГИТ-ЛСБ-СМ1-К.
Стеклоткань — ЛСК, ЛСКР.
Трубка — ТКС, ТКСП, ТРФ.
Стеклочулок — АСЭЧ(б).
Клин — стеклотекстолит — СТК.
Выводные концы — ПВКФ, ПВКФУ.
Лак пропиточный — ПК-34, ПКЭ-13, 14, 15, КО016К.

Приложение 3.

МАРКИ ОБМОТОЧНЫХ ПРОВОДОВ

3.1. С эмалевой изоляцией

Марка	Изоляция провода	T°C	Кл
ПЭЛ	Лакостойкая эмаль на масляно-смолистой основе	90	У
ПЭЛУ	То же, усиленная	105	А
ПЭВ-1 и 2	Высокопрочная эмаль на поливинилацеталевой основе в 1 и 2 сл.	105	А
ПЭЛР-1 и 2	Высокопрочная эмаль на полиамидиорезальной основе в 1 и 2 сл.	105	А
ПЭВТЛ-1 и 2	Высокопрочная эмаль на полиуретановой основе в 1 и 2 слоя	120	Е

ПЭВТЛК	То же, с добавлением полнамидной основы	120	Е
ПЭТВ ПЭТВ-939 ПЭТВ-М ПЭТВ-ТС	Нагревостойкая эмаль на полиэфирной основе, ио с различными лаками	130	В
ПЭТВ-F	То же, с модифицированной основой	155	F
ПЭТК	Нагревостойкая эмаль на кремнийорганической основе	155	F
ПЭТ-155 ПЭТ-М	Нагревостойкая эмаль на полиэфиромидиой основе	155	F
ПЭФ-1 и 2	Нагревостойкая эмаль на фторопластовой основе в 1 и 2 слоя	180	Н
ПЭКФ	То же, на керамикофторопластовой основе	200	С
ПНЭТ-имид.	Нагревостойкая эмаль на полиамидиой основе	180	Н
ППЭТК-имид	То же, с добавлением кремнийорганического лака	200	С

3.2. С волокнистой изоляцией

Марка	Изоляция провода	ТС	Кл.
ПБО, ПБА	Хлопчатобумажная пряжа в 1 и 2 слоя	105	А
ПШО, ПШД	Шелковая пряжа в 1 и 2 слоя	105	А
ПШКО, ПШКД	Шелко-капроновая пряжа в 1 и 2 слоя	105	А
ПЛО, ПЛД	Лавсановая пряжа в 1 и 2 слоя	105	А
ПЛБД	Лавсаиовая и хлопчатобумажная пряжа	105	А
ПСО, ПСД	Стеклянная пряжа в 1 и 2 слоя	155	Е
ПСОТ, ПСДТ	То же — утонченная пряжа в 1 и 2 слоя	155	F
ПСД-Л, ПСДТ-Л	То же — пропитанная нагревостойким лаком	155	F
ПСДК, ПСДНТ	То же — пропитанная кремнийорганическим лаком	180	Н
ПДА	Асбестовая ровница на лаке	155	F

3.3. С комбинированной изоляцией

Марка	Изоляция провода	Тс	Кл
ПЭЛБО	Комбинация ПЭЛ и ПБО	105	А
ПЭЛШО	—»— ПЭЛ и ПШО	105	А
ПЭЛШКО	—»— ПЭЛ и ПШКО	105	А
ПЭЛПО	—»— ПЭЛ и ПЛО	105	А
ПЭВБО	—»— ПЭВ и ПБО	105	А
ПЭВШО	—»— ПЭВ и ПШО	105	А
ПЭВШКО	—»— ПЭВ и ПШКО	105	А
ПЭВЛО	—»— ПЭВ и ПЛО	105	А
ПЭТЛО	—»— ПЭТ и ПЛО	130	В
ПЭТСО	—»— ПЭТ и ПСО	130	В
ПЭТКСО	—»— ПЭТК и ПСО	180	Н
ПЭТКСОТ	—»— ПЭТК и ПСОТ	180	Н
ПНЭТКСОТ	—»— ПНЭТК и ПСОТ	220	С

Приложение 4.

ОБОЗНАЧЕНИЯ ОБМОТОЧНЫХ ПРОВОДОВ

4.1. Обозначения для эмалированных проводов

П — Провод медный (первая буква).
ЭЛ — Эмаль лакостойкая, масляная.
ЭЛР — Эмаль полиамидно-резальная.
ЭВ — Эмаль винифлекс.
ЭМ — Эмаль метальвин.
ЭВТ — Эмаль высокопрочная, температуростойкая, полиуретановая.
ЭТВ — Эмаль теплостойкая, полиэтилентерефлатная на лаке ПЭ-943.
ЭТ — Эмаль температуростойкая, полиэфиромидная.
ЭТК — Эмаль высокотемпературостойкая, кремнийорганическая.
ЭФ — Эмаль фторопластовая.
ЭНФ — Эмаль керамикофторопластовая.
ТС — Полиэфирный продукт.
F,155 — Класс изоляции и температура допустимая.
У — Эмаль усилеиная.
1 и 2 — Эмалирование в 1 и 2 слоя.
939 — Лак полиэтилентерефталатный.
Л — Луженый провод (буква в конце).
Н — Никелированный провод.

4.2. Обозначения для провода с волокнистой изоляцией

Б — Пряжа хлопчатобумажная.
Ш — Пряжа шелковая.
ШК — Пряжа шелко-капроновая.
Л — Пряжа лавсановая.
БЛ — Пряжа хлопчатобумажная и лавсановая.
С — Пряжа стеклянная.
А — Ровница асбестовая (буква в конце).
О — Один слой оплетки.
Д — Два слоя оплетки.
Т — Утонченная пряжа.
Л — Пряжа, пропитанная лаком (буква в конце).
К — Пряжа, пропитанная кремнийорганическим лаком.

Приложение 5

ТАБЛИЦЫ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА СЕРИИ АИР, 4А, 4АН, А2, АО2, Т, МД, СВМ, АСВ, АРЗ, А, АО, АОЗ, ВАО, ВР, МА, 4МТ F, (Н) (М) (К), КТ, МТ

5.1. Данные трехфазных электродаигателей

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
АИР 71А-2	0,75	24	2+2	10		78
71В-2	1,1	24	2+2	10		66
71А-4	0,55	24	2	6		112
71В-4	0,75	24	2	6		96
71А-4	0,55	36	3	9		87
71В-4	0,75	36	3	9		69
71А-6	0,37	36	2	6		110
71В-6	0,55	36	2	6		86
71В-8	0,25	36	2 и 1	4 и 5		132
80А-2	1,5	24	2+2	10		61
80В-2	2,2	24	2+2	10		50
80А-4	1,1	36	3	9		60
80В-4	1,5	36	3	9		50
80А-6	0,75	36	2	6		78
80В-6	1,1	36	2	6		57
80А-8	0,37	36	2 и 1	4 и 5		100
80В-8	0,55	36	2 и 1	4 и 5		80
90L-2	3	24	2+2	10		42
90L-4	2,2	36	3	9		41
90L-6	1,5	36	2	6		52
90LA-8	0,75	48	2	6		68
90LB-8	1,1	48	2	6		51
100S-2	4	24	2+2	10		38×2
100L-2	5,5	24	2+2	10		30×2
100S-4	3	36	3	9		38
100L-4	4	36	3	9		29
100L-6	2,2	36	2	6		42
100L-8	1,5	48	2	6		50
112М-2	7,5	36	3+3	15		18×2
112М-4	5,5	36	3	9		26×2
112МА-6	3	54	3	9		28
112МВ-6	4	54	3	9		24
112МА-8	2,2	48	2	6		40
112МВ-8	3	48	2	6		31
132М-2	11	36	3+3	15	2	29×2
132S-4	7,5	36	3	9		23×2
132М-4	11	36	3	9	2	33×2
132S-6	5,5	54	3	9		21×2
132М-6	7,5	54	3	9		15×2

серии АИР, напряжением 380В — У

d	G	I	D	l	b	h	L	к сх
0,6	1	1,8	63	68		14,8	410	6
0,63	1,1	2,6	63	77		14,8	428	6
0,5	0,8	1,7	68	65			308	6
0,56	0,9	2,2	68	76			330	6
0,53	0,85	1,4	70	62		9,2	336	6
0,6	0,93	1,8	70	78		9,2	368	6
0,42	0,73	1,5	78	65		7,6	280	9
0,5	0,93	1,8	78	90		7,6	330	9
0,4	0,83	1,2	77	80		7,4	302	12
0,8	1,7	3,3	73	78		15,7	487	6
0,9	1,9	4,6	73	102		15,7	540	6
0,63	1,15	2,7	86	78		11	372	6
0,71	1,35	3,6	86	98		11	412	6
0,56	1,1	2,3	89	78		8,4	345	9
0,71	1,6	3,9	89	115		8,4	420	9
0,5	1,1	1,4	92	100		11,4	346	12
0,56	1,2	1,9	92	80		11,4	380	12
1,12	2,6	6,1	82	100		18,3	580	6
0,9	1,8	5	96	100		13,8	426	6
0,8	1,9	4,1	100	110		10,3	428	9
0,63	1,6	2,5	104	100		8,1	357	12
0,75	2,1	3,3	104	130		8,1	417	12
1	4	7,8	89	105		21	609	6
1,12	4,5	11	89	136		21	671	6
1,12	1,5	6,6	104	98		15,8	482	6
1,32	1,7	8,6	104	127		15,8	540	6
1,06	2,6	5,6	113	120		11,7	426	9
0,85	2,5	4,1	117	100		10,5	417	12
1,25	5,1	14,8	108	125		25,4	700	6
1,06	3,9	11,9	120	125		18,2	510	6
1,12	2,9	7	132	100		13,4	422	9
1,25	3,5	8,7	132	125		13,4	472	9
1,06	3,2	6	132	100		11,5	406	12
1,18	3,5	7,5	132	130		11,5	466	12
1,12	7,3	21,5	127	130		31,3	772	6
1,32	5,7	15,4	140	115		21,6	546	6
1,12	6,9	21,5	140	160		21,6	636	6
1,06	4,5	12,2	154	115		16,7	480	9
1,25	5,2	15,8	154	160		16,7	570	9

Тип	Р кВт	Z	q	У	*a*	N
132S-8	4	48	2	6		28
132M-8	5,5	48	2	6		21×2
160S-2	15	36	6	13	2	(15+16)2
160M-2	18,5	36	6	13	2	(12+13)2
160S-4	15	48	4	10	2	13+13
160M-4	18,5	48	4	10		5+6
160S-6	11	54	3	9		14×2
160M-6	15	54	3	9	3	31×2
160S-8	7,5	48	2	6		20×3
160M-8	11	48	2	6		14×3
180S-2	22	36	6	12	2	12+13
180M-2	30	36	6	12	2	(10+10)3
180S-4	22	48	4	10	2	(11+11)2
180M-4	30	48	4	10	2	8+9
180M-6	18,5	72	4	10	2	8+9
180M-8	15	72	3	7	2	11+11
200M-2	37	36	6	11	2	10+10
200L-2	45	36	6	11	2	(8+9)5
200M-4	37	48	4	10	2	(7+8)6
200L-4	45	48	4	10	2	(6+7)4
200M-6	22	72	4	10	3	(12+12)2
200L-6	30	72	4	10	3	10+10
200M-8	18,5	72	3	7	4	19+19
200L-8	22	72	3	7	4	17+17
225M-2	55	36	6	11	2	(7+8)5
225M-4	55	48	4	10	4	(12+13)3
225M-6	37	72	4	10	3	8+9
225M-8	30	72	3	7	2	(7+7+4
250S-2	75	48	8	14	2	(5+5)7
250M-2	90	48	8	14	2	(4+5)8
250S-4	75	60	5	12	4	(9+9)4
250M-4	90	60	5	12	4	(8+8)6
250S-6	45	72	4	10	3	(8+9)4
250M-6	55	72	4	10	3	(7+8)4
250S-8	37	72	3	7	4	(14+14)2
250M-8	45	72	3	7	4	(12+12)2
250S-10	22	90	3	7	2	(9+9)3
250M-10	30	90	3	7	2	(7+7)4

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх.
140	4,3	10,3	158	115		14,8	430	12	
1,12	5	13,5	158	160		14,8	496	12	
1,32	10,6	28,2	140	120		35,5	790	6	
1,5	11,7	34,6	140	145		35,5	840	6	
1,32 + 1,4	10,7	29	163	150		22,7	690	12	
(1,4) 3 + 1,5	11,8	35,4	163	180		22,7	750	12	
1,5	8,1	23,5	180	150		18,5	620	9	
1	9,5	30,8	180	210		18,5	750	9	
1,18	8,6	17,5	180	150		15,5	605	12	
1,4	10,2	25,3	180	210		15,5	725	12	
1,32 + 1,4	12,7	42,1	155	120		41,5	790	6	
1,5	14,2	57,1	155	160		41,5	824	6	
1,6	14,5	42,4	190	150		25	723	12	
(1,32) 3 + 1,25	16,2	57,1	190	200		25	823	12	
1,4 + 1,5	13	37	210	195		16,5	740	18	
1,25 + 1,32	12,7	32,9	210	195		16,5	682	24	
(1,5) 2 + (1,6) 2	19,4	70	178	150		43	950	6	
1,5	20,7	83	178	175		43	1000	6	
1,18	18,3	60	208	195		30,5	880	12	
1,6	20,8	82,5	208	235		30,5	960	12	
1,32	16,4	42	236	195		19	780	18	
1,4 + 1,5	17,2	57	236	225		19	840	18	
1,5	14	38,5	236	195		19	700	24	
1,06 + 1,12	15,1	46	236	225		19	760	24	
1,6	23,8	99	195	195		56,5	1050	6	
1,5	21,6	100	235	225		33,5	1020	12	
(1,32) 3 + 1,4	21,2	64	258	200		23	843	18	
1,32		64	258	220		23	780	24	
1,7	40	136	218	185		64	1080	6	
1,7	34,5	158	218	210		64	1130	6	
1,6	39,4	135	273	230		35,5	1020	12	
1,4	43	160	273	255		35,5	1070	12	
1,32	27	84	297	190		28,5	820	18	
1,4	27	102	297	215		28,5	870	18	
1,5	22,7	75	297	190		28,5	730	24	
1,6	26	80	297	215		28,5	780	24	
1,32	24	62	310	150		23	620	30	
1,32	26	81	310	190		23	700	30	

5.2. Данные трехфазных электродвигателей серии 4А, 4АН,

Тип	Р кВт	Z	q	У	a	N
А50А-2	0,09	12	1+1	6		450
А50В-2	0,12	12	1+1	6		394
А50А-4	0,06	12	1	3		635
А50В-4	0,09	12	1	3		500
А56А-2	0,18	24	2+2	10		166
А56В-2	0,25	24	2+2	10		143
А56А-4	0,12	24	2	6		254
А56В-4	0,18	24	2	6		203
А63А-2	0,37	24	2+2	11		126
А63В-2	0,55	24	2+2	11		101
А63А-4	0,25	24	2	6		168
А63В-4	0,37	24	2	6		137
А63А-6	0,18	36	2	6		170
А63В-6	0,25	36	2	6		125
А71А-2	0,75	24	2+2	10		89
А71В-2	1,1	24	2+2	10		73
71А-4	0,55	24	2	6		113
71В-4	0,75	24	2	6		95
71А-6	0,37	36	2	6		114
71В-6	0,55	36	2	6		85
71В-8	0,25	36	1 и 2	5 и 4		148
80А-2	1,5	24	2+2	10		61
80В-2	2,2	24	2+2	10		48
80А-4	1,1	36	3	9		60
80В-4	1,5	36	3	9		49
80А-6	0,75	36	2	6		82
80В-6	1,1	36	2	6		58
ПА80А-6	0,37	36	2	6		117
ПА80В-6	0,55	36	2	6		82
80А-8	0,37	36	1 и 2	5 и 4		121
80В-8	0,55	36	1 и 2	5 п 4		91
90L-2	3	24	2+2	10		44
90L-4	2,2	36	3	10		40
90L-6	1,5	36	2	6		51
90LA-8	0,75	36	1 и 2	5 и 4		74
90LB-8	1,1	36	1 и 2	5 и 4		58
100S-2	4	24	2+2	10		37

напряжением 380 В.

d(a×b)	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
0,28	0,44		41	42			294	6	Y
0,31	0,53		41	50			310	6	Y
0,28	0,48		46	52			230	6	Y
0,31	0,55		46	50			250	6	Y
0,28	0,38	0,5	48	47	2,44	11,5	306	6	Y
0,33	0,45	0,6	48	56	2,44	11,5	324	6	Y
0,28	0,44	0,5	55	47	3,17	6,2	254	6	Y
0,33	0,49	0,7	55	56	3,17	6,2	262	6	Y
0,4	0,56	0,9	54	56	2,96	14,2	338	6	Y
0,45	0,63	1,3	54	65	2,96	14,2	366	6	Y
0,4	0,55	0,8	61	56	4	8,3	278	6	Y
0,45	0,56	1,2	61	65	4	8,3	290	6	Y
0,33	0,67	0,7	65	56	2,55	5,6	286	9	Y
0,4	0,86	1	65	75	2,55	5,6	300	9	Y
0,53	0,88	1,7	65	65	3,99	15,2	420	6	Y
0,6	0,93	2,4	65	74	3,99	15,2	438	6	Y
0,53	0,89	1,6	70	65	4,74	10,4	336	6	Y
0,56	0,92	2,2	70	74	4,74	10,4	354	6	Y
0,45	0,95	1,3	76	65	3,14	6,8	300	9	Y
0,56	1,07	1,9	76	90	3,14	6,8	350	9	Y
0,45	0,94	1,2	76	74	3,14	6,8	292	12	Y
0,8	1,55	3,2	74	78	3,91	16,2	474	6	Y
0,95	1,79	4,5	74	98	3,91	16,2	514	6	Y
0,67	1,4	2,7	84	78	3,31	10,8	392	6	Y
0,75	1,5	3,5	84	98	3,31	10,8	432	6	Y
0,6	1,3	2,2	88	78	3,78	7,9	336	9	Y
0,71	1,6	3	88	115	3,78	7,9	410	9	Y
0,5	1	1,3	88	56	птичный		292	9	Y
0,6	1,3	2	88	76	птичный		336	9	Y
0,5	1,2	1,4	88	78	3,78	7,9	310	12	Y
0,56	1,3	2	88	98	3,78	7,9	350	12	Y
1,06	2,4	5,8	84		4,03	18,9	560	6	Y
0,9	1,9	4,9	95	100	3,92	13,1	462	6	Y
0,85	1,9	3,9	100	110	4.45	9,7	432	9	Y
0,67	1,6	2,6	100	110	4,45	9,7	370	12	Y
0,75	1,9	3,5	100	130	4,45	9,7	430	12	Y
1,32	3,6	7,9	95	100	4,63	21,4	634	6	Y

Тип	P кВт	Z	q	y	a	N
100L-2	5,5	24	2+2	10		30×2
100S-4	3	36	3	9		35
100L-4	4	36	3	9		28
100L-6	2,2	36	2	6		43
100L-8	1,5	36	1 и 2	5 и 4		56
112M-2	7,5	24	2+2	10	2	52
112M-4	5,5	36	3	9		25
112MA-6	3	54	3	9		28
112MB-6	4	48	3	9		23
112MA-8	2,2	48	2	6		39
112MB-8	3	24	2	6		31
132M-2	11	24	2+2	10		21×3
132S-4	7,5	36	3	9		22×2
132M-4	11	36	3	9	2	32×2
132S-6	5,5	54	3	9		20×2
132M-6	7,5	54	3	9		15
132S-8	4	48	2	5		27
132M-8	5,5	48	2	5		21×2
160S-2	15	36	6	12	2	16+16
160M-2	18,5	36	6	12	2	(14+14)2
160S-4	15	48	4	12	2	27×2
160M-4	18,5	48	4	12	2	22×2
160S-6	11	54	3	9		15×2
160M-6	15	54	3	9	3	34
160S-8	7,5	48	2	6	2	40
160M-8	11	48	2	6	2	29
H160S-2	22	36	6	12	2	(14+14)2
H160M-2	30	36	6	12	2	(11+11)2
H160S-4	18,5	48	4	12	2	26×2
H160M-4	22	48	4	12	2	21
180S-2	22	36	6	11	2	13+14
180M-2	30	36	6	11	2	(11+11)3
180S-4	22	48	4	10	2	(11+12)2
180M-4	30	48	4	10	2	(9+9)3
180M-6	18,5	72	4	10	2	(10+10)2
180M-8	15	72	3	7	2	(11+11)2

5.2. Продолжение

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх.
1,06	4,1	11	95	130	6,63	21,4	690	6	У
1,12	2,8	6,6	105	100	4,71	14,7	500	6	У
1,32	3,4	8,4	105	130	4,71	14,7	560	6	У
1,06	2,7	5,4	113	110	4,95	11,1	460	9	У
0,95	2,6	4,6	113	120	4,95	11,1	430	12	У
1,25	4,6	15	110	125	5,43	24,4	690	6	У
1,4	3,6	12	126	125	5,1	17,2	572	6	У
1,12	3,1	7	132	100	3,66	12,9	454	9	У
1,25	3,5	8,9	132	125	3,66	12,9	504	9	У
1,06	3	6	132	100	447	11	416	12	У
1,18	3,6	7,8	132	130	4,47	11	476	12	У
1,18	5,9	21	130	130	8,22	29,3	772	6	У
1,25	5,2	15,2	145	115	6,56	20,6	596	6	У
1,06	5,9	21,5	145	160	6,56	20,6	686	6	У
1,06	4,3	12,1	158	115	4,53	15,9	520	9	У
1,7	5,1	15,9	158	160	4,53	15,99	610	9	У
1,4	4,3	10,5	158	115	5,57	14,3	470	12	У
1,06	4,6	13,5	158	160	5,57	14,3	560	12	У
1,7	8,9	28,2	155	110	5,27	36,5	760	6	У
1,32	9,3	34,1	155	130	5,27	36,5	800	6	У
1,25	9,7	28,5	185	130	5,03	21	690	6	У
1,4	11,1	34,5	185	170	5,03	21	770	6	У
1,4	8	22,4	197	145	5,53	16,7	680	9	У
1,32	9,3	29,9	197	200	5,53	16,7	785	9	У
1,32	7,6	18,4	197	145	6,31	16,4	600	12	У
1,6	9,3	26,4	197	200	6,31	16,4	710	12	У
1,32	8,8	41,2	155	110	5,27	36,5	760	6	У
1,5	10,2	54,8	155	150	5,27	36,5	840	6	У
1,25	8,4	36,2	185	130	5,03	21	690	6	У
1,5—1,4	11,4	41,4	185	170	5,03	21	770	6	У
1,6+1,5	12,4	41,1	171	110	6,32	44,3	740	6	У
1,4	13,4	54,1	171	145	6,32	44,3	850	6	У
1,5	13,4	40,8	211	145	6	24,1	750	12	У
1,4	15,2	55	211	185	6	24,1	820	12	У
1,32	12,3	36,1	220	145	4,72	18	660	18	У
1,32	11,9	32,6	220	170	4,72	18	634	24	У

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
H180S-2	37	36	6	11	2	(10+11)4
H180M-2	45	36	6	11	2	(9+10)3
H180S-4	30	48	4	10	4	21+21
H180M-4	37	48	4	10	4	(17+17)2
H180S-6	18,5	72	4	10	3	16+16
H180M-6	22	72	4	10	3	(13+13)2
H180S-8	15	72	3	7	2	(11+11)2
H180M-8	18,5	72	3	7	2	(9+9)2
200M-2	37	36	6	11	2	(10+10)4
200L-2	45	36	6	11	2	(8+9)6
200M-4	37	48	4	10	2	(8+9)4
200L-4	45	48	4	10	2	(7+7)4
200M-6	22	72	4	10	3	(14+14)2
200L-6	30	72	4	10	3	(11+11)2
200M-8	18,5	72	3	7	2	(11+11)2
200L-8	22	72	3	7	2	(9+10)2
H200M-2	55	36	6	11	2	(8+8)7
H200L-2	75	36	6	11	2	(6+7)6
H200M-4	45	48	4	10	2	(8+8)4
H200L-4	55	48	4	10	2	(6+7)5
H200M-6	30	72	4	10	3	(12+12)2
H200L-6	37	72	4	10	3	(9+9)3
H200M-8	22	72	3	7	2	9+9
H200L-8	30	72	3	7	4	(13+13)2
225M-2	55	36	6	11	2	(7+8)5
225M-4	55	48	4	10	4	(13+13)3
225M-6	37	72	4	10	2	(7+7)4
225M-8	30	72	3	7	2	(8+8)3
H225M-2	90	36	6	11	2	(6+7)5
H225M-4	75	48	4	10	2	(6+6)5
H225M-6	45	72	4	10	3	9+10
H225M-8	37	72	3	7	4	(13+14)2
250S-2	75	48	8	14	2	(4+5)6
250M-2	90	48	8	15	2	(4+4)11
250S-4	75	60	5	12	4	(9+9)5
250M-4	90	60	5	12	4	(8+8)6
250S-6	45	72	4	10	3	(9+9)3
250M-6	55	72	4	10	3	(8+8)4
250S-8	37	72	3	7	4	(15+15)2

5.2. Продолжение

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1,25	13,7	67	171	145	6,34	44,3	820	6	У
1,5	14,1	80	171	170	6,34	44,3	870	6	У
1,6	14,3	57	211	145	6	24,1	770	12	У
1,25	15,2	69	211	185	6	24,1	850	12	У
1,5	11,6	37	220	130	4,72	19	630	18	У
1,18	12,7	44	220	170	4,72	19	710	18	У
1,32	11,8	33	220	170	4,72	19	634	24	У
1,4	13,5	39	220	220	4,72	19	734	24	У
1,5	19,4	69	194	130	7,06	47,3	860	6	У
1,32	20,6	82	194	160	7,06	47,3	920	6	У
1,32	18,2	68	238	170	6,58	29	860	12	У
1,5	20,7	82	238	215	6,58	29	950	12	У
1,25	16,3	41	250	160	4,82	21,8	720	18	У
1,4	17,1	56	250	185	4,82	21,8	770	18	У
1,4	13,5	38	250	160	4,82	21,8	635	24	У
1,5	15	45	250	185	4,82	21,8	680	24	У
1,25	20,2	100	194	160	7,06	47,3	920	6	У
1,5	22	134	194	200	7,06	47,3	1000	6	У
1,4	18,4	84	238	170	6,58	29	860	12	У
1,4	20,5	101	238	215	6,58	29	950	12	У
1,32	16,3	57	250	160	4,82	21,8	720	18	У
1,25	18	69	250	215	4,82	21,8	830	18	У
1,6+1,5	15,4	46	250	185	4,82	21,8	680	24	У
1,32	18,7	62	250	260	4,82	21,8	830	24	У
1,6	23,7	98	208	180	8,32	60,8	1020	6	У
1,4	21,4	100	264	200	7,86	35	970	12	У
1,32	21	63	284	175	5,56	24,4	815	18	У
1,5	19,4	63	284	175	5,56	24,4	716	24	У
1,7	23,8	158	208	180	8,32	60,8	1020	6	У
1,6	25,1	137	264	200	7,86	35	970	12	У
1,7+1,6	21,4	84	284	175	5,56	24,4	815	18	У
1,4	20,9	75	284	210	5,56	24,4	785	24	У
1,8	30,9	135	232	190	6,81	68,2	1100	6	У
1,4	34	157	232	220	6,81	68,2	1170	6	У
1,4	39,2	134	290	220	7,14	37,5	1060	12	У
1,32	42,7	159	290	260	7,14	37,5	1140	12	У
1,5	26,8	83	317	180	6,36	29,4	860	18	У
1,32	26,8	101	317	200	6,36	29,4	900	18	У
1,4	22,5	74	317	180	6,36	29,4	755	24	У

5 Заказ 445

5.2. Продолжение

Тип	Р кВт	Z	q	У	a	N
250M-8	45	72	3	7	4	12+13
H250S-2	110	48	8	14	2	(4+4)11
H250M-2	132	48	8	15	2	(3+4)11
H250S-4	90	60	5	12	4	(9+9)3
H250M-4	110	60	5	12	4	(8+8)3
H250S-6	55	72	4	10	3	(8+9)4
H250M-6	75	72	4	10	3	(6+7)6
H250S-8	45	72	3	7	4	(12+13)3
H250M-8	55	72	3	7	4	(10+11)3
280S-2	110	48	8	15	2	(4+4)4
280M-2	132	48	8	15	2	(6+6)4
315S-2	160	48	8	15	2	(5+5)4
315M-2	200	48	8	15	2	(4+4)4
355S-2	250	48	8	15	2	(4+4)4
355M-2	315	48	8	14	2	(3+4)6
H280S-2	160	48	8	14	2	(6+7)4
H280M-2	200	48	8	13	2	(5+6)4
H315M-2	250	48	8	14	2	(5+5)4
H355S-2	315	48	8	15	2	(4+4)4
H355M-2	400	48	8	14	2	(3+4)6
280S-4	110	60	5	11	4	(8+8)4
280M-4	132	60	5	11	4	(12+12)2
315S-4	160	60	5	11	4	(10+10)2
315M-4	200	60	5	11	4	(8+8)4
355S-4	250	60	5	11	4	(7+7)4
355M-4	315	60	5	13	4	(5+6)4
H280S-4	132	60	5	11	4	(13+13)2
H280M-4	160	60	5	11	4	(11+11)2
H315S-4	200	60	5	12	4	(10+10)2
H315M-4	250	60	5	11	4	(9+9)2
H355S-4	315	60	5	11	4	(8+8)2
H355M-4	400	60	5	11	4	(6+7)4
280S-6	75	72	4	10	3	(7+7)2
280M-6	90	72	4	10	6	(11+12)2
315S-6	110	72	4	10	6	(9+10)2
315M-6	132	72	4	10	3	(7+7)2
355S-6	160	72	4	9	3	(7+7)2
355M-6	200	72	4	9	6	(11+11)2
H280S-6	90	72	4	9	2	(7+8)2

5.2. Продолжение

d(a×b)	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1,6+1,5	25,7	89	317	220	6,36	29,4	835	24	У
1,4	30,9	197	232	190	6,81	68,2	1090	6	У
1,5	34	234	232	220	6,81	68,2	1150	6	У
1,8	3,7	161	290	220	7,14	37,5	1020	12	У
1,9	39,2	196	290	220	7,14	37,5	1060	12	У
1,32	27,3	102	317	180	6,36	29,4	860	18	У
1,25	31	137	317	240	6,36	29,4	1000	18	У
1,25	23,6	92	317	200	6,36	29,4	795	24	У
1,4	27,3	111	317	240	6,36	29,4	875	24	У
2×4	81,6	255	275	175			1500	6	У
1,32×4	84,5	248	275	205			1560	6	△
1,6×4	48,4	282	275	270			1690	6	△
2,12×4	58,3	351	275	330			1810	6	△
2,24×4,5	125	432	310	290			1810	6	△
1,7×4,5	129	551	310	360			1900	6	△
1,18×4	69	288	275	185			1380	6	△
1,4×4	73	359	275	230			1430	6	△
1,7×4,5	97	442	310	210			1530	6	△
2×4,75	101	545	345	210			1610	6	△
1,6×4,75	112	685	345	265			1680	6	△
1×3,55	78,3	237	335	220			1310	12	У
1,32×3,55	81	234	335	240			1350	12	△
1,6×3,55	88	282	335	290			1450	12	△
1×3,55	94	351	335	360			1590	12	△
1,18×4	115	432	380	360			1640	12	△
1,5×4	135	537	380	470			1900	12	△
1,06×3,55	62,5	284	335	205			1270	12	△
1,32×3,55	69,8	291	335	235			1330	12	△
1,6×3,55	79,2	355	380	210			1360	12	△
1,8×3,55	80	448	380	250			1380	12	△
2×4	92	545	435	235			1410	12	△
1,18×4	97	702	435	305			1550	12	△
1,8×3	54	138	370	190			1120	18	У
1×3	51,5	165	370	225			1190	18	У
1,25×3	57,6	200	370	275			1290	18	У
1,8×3	64,9	270	370	320			1380	18	△
2×3,55	83	287	425	295			1320	18	△
1,25×3,55	91	358	425	370			1470	18	△
1,8×3	52	167	370	200			1080	18	△

Тип	P кВт	Z	q	у	a	N
Н280М-6	110	72	4	10	2	(6+7)2
Н315S-6	132	72	4	9	3	(9+9)2
Н315М-6	160	72	4	9	3	(7+8)2
Н355S-6	200	72	4	9	6	(15+15)2
Н355М-6	250	72	4	9	6	(12+12)2
280S-8	55	72	3	7	4	(12+12)2
280М-8	75	72	3	7	4	(9+9)2
315S-8	90	72	3	7	4	(7+7)2
315М-8	110	72	3	7	4	(6+6)4
355S-8	132	72	3	7	4	(10+11)2
355М-8	160	72	3	7	4	(9+9)2
Н280S-8	75	72	3	8	4	(8+8)2
Н280М-8	90	72	3	8	4	(7+7)2
Н315S-8	110	72	3	7	4	(7+7)2
Н315М-8	132	72	3	7	4	(12+12)2
Н355S-8	160	72	3	7	4	(11+11)2
Н355М-8	200	72	3	7	4	(9+9)2
280S-10	37	90	3	8	5	(16+16)3
280М-10	45	90	3	8	5	(15+15)3
315S-10	55	90	3	8	5	(11+11)3
315М-10	75	90	3	8	5	(9+9)4
355S-10	90	90	3	8	5	(9+9)4
355М-10	110	90	3	8	5	(7+7)5
Н280S-10	45	90	3	8	2	(10+10)8
Н280М-10	55	90	3	8	2	(9+9)6
Н315S-10	75	90	3	8	2	(8+8)5
Н315М-10	90	90	3	8	5	(17+17)3
Н355S-10	110	90	3	7	2	(6+6)4
Н355М-10	132	90	3	7	5	(13+14)2
315S-12	45	90	2 и 3	6	3	(8+8)4
315М-12	55	90	2 и 3	6	6	(13+13)4
355S-12	75	90	2 и 3	6	6	(11+11)3
355М-12	90	90	2 и 3	6	6	(9+9)4
Н315S-12	55	90	2 и 3	6	2	(10+10)4
Н315М-12	75	90	2 и 3	6	3	(11+11)4
Н355S-12	90	90	2 и 3	6	2	(7+7)4
Н355М-12	110	90	2 и 3	6	4	(12+12)2

d(a×b)	G	l	D	l	b	h	L	кг	сх
1,12×3	56	200	370	230			1190	18	△
1,5×3,55	69,4	242	425	215			1160	18	△
1,7×3,55	69,8	293	425	260			1250	18	△
1×3,55	76,7	355	470	220			1200	18	△
1,25×3,55	84,8	442	470	275			1310	18	△
1×3,35	48,4	108	385	185			960	18	Y
1,4×3,35	58,3	143	385	250			1090	24	Y
1,8×3,35	64,6	173	385	335			1270	24	Y
1×3,35	67	209	385	370			1340	24	Y
1,25×3,55	76	254	440	325			1270	24	△
1,6×3,55	89,5	301	440	375			1370	24	△
1,6×3,15	55,4	146	385	240			1120	24	△
1,9×3,15	59,4	173	385	270			1180	24	△
1,9×3,55	65,7	208	440	255			1130	24	△
1,06×3,55	66	250	440	295			1210	24	△
1,25×4	80	291	490	265			1180	24	△
1,6×4	95,5	377	490	345			1340	24	△
1,32	41,5	79	400	170			790	30	Y
1,32	39,8	95	400	180			810	30	Y
1,6	52,2	114	400	250			980	30	Y
1,5	55,5	150	400	305			1090	30	Y
1,6	66	170	450	295			1100	30	Y
1,6	73	206	450	355			1260	30	Y
1,25	40,8	94	400	200			810	30	△
1,25	46,7	114	400	235			880	30	△
1,5	44,9	153	450	230			870	30	△
1,32	55,2	182	450	270			950	30	△
1,25×3,15	77,9	219	500	235			1080	30	△
1,06×3,15	78,5	260	500	270			1150	30	△
1,6	45,4	99	400	250			890	36	Y
1,25	51	118	400	305			1000	36	Y
1,7	63,3	165	450	295			1080	36	Y
1,6	71,3	200	450	355			1200	36	Y
1,5	45,7	118	450	230			860	36	△
1,4	50,2	160	450	270			940	36	△
1,06×3,15	71,7	192	500	235			1010	36	△
1,25×3,15	78,3	234	500	270			1080	36	△

5.3. Данные трехфазных электродвигателей серии А2,

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
АО2-11-2	0,8	24	2+2	10		97
АО2-12-2	1,1	24	2+2	10		78
АО2-11-4	0,6	24	2	6		129
АО2-12-4	0,8	24	2	6		107
АО2-11-6	0,4	36	2	6		122
АО2-12-6	0,6	36	2	6		96
АО2-21-2	1,5	24	2+2	10		69
АО2-22-2	2,2	24	2+2	10		54
АО2-21-4	1,1	24	2	6		92
АО2-22-4	1,5	24	2	6		71
АО2-21-6	0,8	36	2	6		85
АО2-22-6	1,1	36	2	6		65
АО2-31-2	3	24	4	8		26+26
АО2-32-2	4	24	4	8		21+21
АО2-31-4	2,2	36	3	9		43
АО2-32-4	3	36	3	9		34
АО2-31-6	1,5	36	2	6		60
АО2-32-6	2,2	36	2	6		46
АО2-41-2	5,5	24	4	9		(17+17)2
АО2-42-2	7,5	24	4	9	2	27+27
АО2-41-4	4	36	3	9		33×2
АО2-42-4	5,5	36	3	9		24×2
АО2-41-6	3	36	2	6		41
АО2-42-6	4	36	2	6		32×2
АО2-41-8	2,2	36	1 и 2	4		26+26
АО2-42-8	3	36	1 и 2	4		(20+20)2
АО2-51-2	10	24	4	9		(25+25)2
АО2-52-2	13	24	4	9		20+20
АО2-51-4	7,5	36	3	7		13+13
АО2-52-4	10	36	3	7		(10+10)3
АО2-51-6	5,5	36	2	5		(15+15)2
АО2-52-6	7,5	36	2	5		(11+11)2
АО2-51-8	4	36	1 и 2	4		(17+17)2
АО2-52-8	5,5	36	1 и 2	4		(13+13)2
АО2-62-2	17	36	6	11	2	13+13
АО2-61-4	13	36	3	7	2	(19+19)2

АО2, напряжением 380 В

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
0,63	1,5	1,8	73	52	3,7	16,2	420	6	Y
0,71	1,6	2,4	73	65	3,7	16,2	450	6	Y
0,56	2	1,6	80	52	5,3	11,9	330	6	Y
0,63	1,3	2,2	80	65	5,3	11,9	350	6	Y
0,56	1,5	1,4	80	65	3,6	8	320	9	Y
0,65	1,7	1,9	80	75	3,6	8	340	9	Y
0,85	2,1	3,2	86	63	4,6	18	480	6	Y
1	2,3	4,4	86	90	4,6	18	540	6	Y
0,75	1,9	2,7	94	70	6	13	390	6	Y
0,9	2,2	3,5	94	95	6	13	440	6	Y
0,67	1,8	2,3	98	70	4,4	9,7	330	9	Y
0,8	2,1	3	98	95	4,4	9,7	380	9	Y
1,18	3,2	6	106	88	5,1	19,3	520	6	Y
1,4	3,9	8	106	115	5,1	19,3	580	6	Y
1,06	3,1	4,9	112	88	5	14,6	530	6	Y
1,25	3,7	6,5	112	115	5	14,6	530	6	Y
1	3,4	3,8	122	88	4,7	9,9	420	9	Y
1,18	4,2	5,3	122	115	4,7	9,9	480	9	Y
1,25	7	11	123	110	5,4	21,5	690	6	Y
1,4	7,8	15	123	148	5,4	21,5	776	6	Y
1,06	5,7	8,3	133	110	5	16	580	6	Y
1,25	6,4	11	133	148	5	16	656	6	Y
1,32	5,2	7,2	144	110	5,9	11	496	9	Y
1,06	5,6	9,2	144	148	5,9	11	572	9	Y
1,18	4,4	6,1	144	110	5,9	11	420	24	Y
0,9	5,1	8,1	144	148	5,9	11	496	24	Y
1,25	11,6	18	140	135	6,7	26,7	804	6	Y
1,5 + 1,32	12,3	26	140	170	6,7	26,7	804	6	Y
1,4 + 1,32	8,1	12	158	135	6,1	19,7	614	12	Y
1,25	8,9	20	158	170	6,1	19,7	684	12	Y
1,18	6,1	12	173	135	7,3	13,5	546	18	Y
1,4	7,8	16	173	190	7,3	13,5	656	18	Y
1,12	5,85	10	173	135	7,3	13,5	515	24	Y
1,25	7,1	14	173	190	7,3	13,5	625	24	Y
1,5 + 1,4	11,5	33	153	150	6,6	40,9	809	6	Y
1,25	10	25	180	135	8,1	26,5	648	12	Y

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
АО2-62-4	17	36	3	7	2	(15+15)2
АО2-61-6	10	54	3	7	2	17+17
АО2-62-6	13	54	3	7	2	(13+13)2
АО2-61-8	7,5	54	2 и 3	6		10+10
АО2-62-8	10	54	2 и 3	6	2	(15+15)2
АО2-71-2	22	36	6	11	2	12+13
АО2-72-2	30	36	6	11	2	(9+10)3
АО2-71-4	22	36	3	7	4	(25+25)2
АО2-72-4	30	36	3	7	2	(10+10)3
АО2-71-6	17	54	3	7	2	(12+12)2
АО2-72-6	22	54	3	7	2	(10+10)2
АО2-71-8	13	54	2 и 3	6	2	(15+15)2
АО2-72-8	17	54	2 и 3	6	2	(11+11)2
АО2-81-2	40	36	6	11	2	(8+9)5
АО2-82-2	55	36	6	11	2	(7+7)5
АО2-81-4	40	48	4	10	4	(15+15)2
АО2-82-4	55	48	4	10	4	(11+11)3
АО2-81-6	30	72	4	10	2	(7+7)3
АО2-82-6	40	72	4	10	3	(8+8)3
АО2-81-8	22	72	3	7	2	(9+9)3
АО2-82-8	30	72	3	7	2	(7+7)3
АО2-81-10	17	60	2	5	2	11+11
АО2-82-10	22	60	2	5	5	(23+23)2
АО2-91-2	75	48	8	15	2	(5+5)8
АО2-92-2	100	48	8	15	2	(4+4)9
АО2-91-4	75	60	5	12	4	(9+9)4
АО2-92-4	100	60	5	12	4	(7+7)5
АО2-91-6	55	72	4	10	3	(7+7)4
АО2-92-6	75	72	4	10	6	(11+11)3
АО2-91-8	40	72	3	7	4	(12+12)2
АО2-92-8	55	72	3	7	4	(9+9)2
АО2-91-10	30	60	2	5	2	(8+8)6
АО2-92-10	40	60	2	5	2	(6+6)5

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1,4	13,2	33	190	165	8,1	26,5	708	12	У
1,6	9,7	20	206	150	5,7	16,5	601	18	У
1,25	10,8	25	206	190	5,7	16,5	681	18	У
1,5+1,4	9,6	16	206	150	5,7	16,5	577	24	У
1,18	11,2	21	206	190	5,7	16,5	657	24	У
1,7+1,6	16,3	53	183	130	7,9	50,3	935	6	У
1,6	17,8	57	183	165	7,9	50,3	1010	6	У
1,18	15	42	214	165	10,6	34,2	815	12	У
1,6	16,4	55	214	205	10,6	34,2	888	12	У
1,5+1,4	13,8	32	245	169	7,2	21,3	706	18	У
1,6	15,2	41	245	205	7,2	21,3	786	18	У
1,32	13,2	27	245	165	7,2	21,3	664	24	У
1,5	14,2	35	245	205	7,2	21,3	744	24	У
1,5	26,6	75	211	170	8,4	58	1110	6	У
1,6	27,4	101	211	210	8,4	58	1190	6	У
1,6	26,1	73	247	190	8,3	38,3	990	12	У
1,6	30,4	98	247	260	8,3	38,3	1130	12	У
1,6	23,3	55	285	190	5,8	22,1	840	18	У
1,5	26,7	73	285	260	5,8	22,1	980	18	У
1,4	20,2	44	285	190	5,8	22,1	760	24	У
1,6	24,9	57	285	260	5,8	22,1	900	24	У
1,7+1,6	18,5	38	285	190	7,9	20,2	850	30	У
1,18	21,4	48	285	245	7,9	20,2	850	30	У
1,6	45,7	127	247	215	7,6	66,5	1300	6	У
1,7	49,6	180	247	270	7,6	66,5	1410	6	У
1,6	46,2	134	290	240	7,6	43,3	1170	12	У
1,6	52	177	290	330	7,6	43,3	1350	12	У
1,5	32,3	98	334	240	7	29	1020	18	У
1,4	34	133	324	330	7	29	1200	18	У
1,6	28,4	75	334	240	7	29	900	24	У
1,9	35,6	100	334	330	7	29	1080	24	У
1,18	23	61	334	270	11	26,6	820	30	У
1,5	26,2	82	334	330	11	26,6	930	30	У

5.3. Продолжение

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
А2-61-2	17	36	6	11	2	(15+15)2
А2-62-2	22	36	6	11	2	(13+13)2
А2-61-4	13	36	3	7	2	(20+20)2
А2-62-4	17	36	3	7	2	(16+16)2
А2-61-6	10	54	3	7	2	19+19
А2-62-6	13	54	3	7	2	(14+14)2
А2-61-8	7,5	54	2 и 3	6	2	22+22
А2-62-8	10	54	2 и 3	6	2	(16+16)2
А2-71-2	30	36	6	11	2	(12+12)3
А2-72-2	40	36	6	11	2	(9+9)4
А2-71-4	22	36	3	7	2	15+15
А2-72-4	30	36	3	7	2	(11+11)3
А2-71-6	17	54	3	7	2	(14+14)2
А2-72-6	22	54	3	7	2	11+11
А2-71-8	13	54	2 и 3	6	2	(16+16)2
А2-72-8	17	54	2 и 3	6	2	(13+13)2
А2-81-2	55	36	6	11	2	(9+8)5
А2-82-2	75	36	6	11	2	(6+7)3
А2-81-4	40	48	4	10	4	17+17
А2-82-4	55	48	4	10	4	(13+13)4
А2-81-6	30	72	4	10	6	25+25
А2-82-6	40	72	4	10	3	(10+10)3
А2-81-8	22	72	3	7	4	21+21
А2-82-8	30	72	3	7	2	(8+8)2
А2-81-10	17	60	2	5	2	13+13
А2-82-10	22	60	2	5	2	(10+10)4
А2-91-2	100	48	8	15	2	(4+5)8
А2-92-2	125	48	8	15	2	(3+4)10
А2-91-4	75	60	5	12	4	(10+10)4
А2-92-4	100	60	5	12	4	(8+8)7
А2-91-6	55	72	4	10	6	(17+17)2
А2-92-6	75	72	4	10	3	(6+6)5
А2-91-8	40	72	3	7	4	14+14
А2-92-8	55	72	3	7	4	(11+11)3
А2-91-10	30	60	2	5	2	9+9)4
А2-92-10	40	60	2	5	2	(7+7)3

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1,4	11,1	34	153	110	6,5	40,9	730	6	Y
1,5	11,8	43	153	135	6,5	40,9	780	6	Y
1,25	10,2	26	180	120	8	27	620	12	Y
1,4	11,1	33	180	150	8	27	680	12	Y
1,5	8,9	21	206	120	5,5	16,6	540	18	Y
1,25	10,8	26	206	165	5,5	16,6	630	18	Y
1,4	8,8	18	206	120	5,5	16,6	520	24	Y
1,18	11,2	22	206	165	5,5	16,6	605	24	Y
1,4	16,2	57	183	115	7,7	50,3	905	6	Y
1,4	17,7	75	183	150	7,7	50,3	975	6	Y
1,5+1,6	13,3	42	214	115	10,3	34,2	715	12	Y
1,5	15,7	57	214	165	10,3	34,2	815	12	Y
1,32	12,6	43	245	130	7,2	21,3	645	18	Y
1,6+1,5	14,5	58	245	165	7,2	21,3	706	18	Y
1,25	11,6	28	245	130	7,2	21,3	600	24	Y
1,4	13,2	36	245	165	7,2	21,3	664	24	Y
1,5	25,1	102	211	140	8,4	58	1044	6	Y
1,6+1,5	27,3	124	211	190	8,4	58	1144	6	Y
1,6+1,5	24,7	75	247	140	8,2	38,3	890	12	Y
1,25	37,2	102	247	190	8,2	38,3	990	12	Y
1,5	21	58	285	140	5,7	22,1	742	18	Y
1,32	23,2	75	285	190	5,7	22,1	842	18	Y
1,6	18,3	46	285	140	5,7	22,1	658	24	Y
1,9	22,2	60	285	190	5,7	22,1	758	24	Y
1,6+1,5	10,8	39	285	146	8,1	20,2	635	30	Y
1,25	19,4	49	285	196	8,1	20,2	735	30	Y
1,7	42,7	180	247	170	7,4	66,5	1210	6	Y
1,7	44	224	247	215	7,4	66,5	1300	6	Y
1,5	39	137	290	170	7,5	43,3	1030	12	Y
1,32	45,5	181	290	215	7,5	43,3	1120	12	Y
1,4	29,5	102	334	170	7	29	880	18	Y
1,5	34,6	138	334	240	7	29	1020	18	Y
1,6+1,5	25,9	80	334	170	7	29	756	24	Y
1,4	29,2	104	334	240	7	29	896	24	Y
1,4	21,5	63	334	176	10,7	27	725	30	Y
1,8	23,3	84	334	221	10,7	27	815	30	Y

5.4. Данные трехфазных электродвигателей серии Т,

Тип	Р кВт	Z	q	У	a	N
Т-41-2	2,8	36	6	11		21+21
Т-41-4	1,7	36	3	9		52
Т-41-6	1	36	2	6		73
Т-42-2	4,5	36	6	11		14+14
Т-42-4	2,8	36	3	9		36
Т-42-6	1,7	36	2	6		52
Т-51-2	4,5	36	6	10		(14+14)2
Т-51-4	4,5	36	3	9		32×2
Т-51-6	2,8	36	2	6		46
Т-52-2	7	36	6	10		(9+9)2
Т-52-4	7	36	3	9		22×2
Т-52-6	4,5	36	2	6		30×2
МД-О-2	1	24	4	9		33+33
МД-1-2	2,2	24	4	10		20+20
МД-2-2	3,2	24	4	10		(14+14)2
МД-3-2	4	24	4	10		(11+12)2
МД-4-2	5	24	4	9		11+12
АСВ-21-4	0,18	24	2	6		225
АСВ-22-4	0,4	24	2	6		130
АСВ-23-4	0,6	24	2	6		95
АСВ-31-4	1	24	2	6		98
АСВ-32-4	1,7	24	2	6		67
АСВ-40-4	2,8	36	3	9		40
АСВ-41-4	3,5	36	3	9		35
АСВ-42-4	4,5	36	3	9	2	54×2
СВМ-4М-2	2,2	24	2+2	10		48
СВМ-5М-2	5,5	36	6	12		(12+12)2
СВМ-6М-2	14	36	6	12		(7+7)2
ВД-2	11	36	6	12		(8+8)4
СВМ-2	7	36	6	13		(9+9)2
СВМ-2	7	36	6	13		(11+11)2
СВМ-2	6,5	36	6	12		(14+14)2
АРЗ-23-6		36	2	5		51+51
АРЗ-24-6		36	2	5		38+38
АРЗ-23-8		36	1,5	4		51+51
АРЗ-24-8		36	1,5	4		38+38

МД, СВМ, АСВ, АРЗ, напряжением 380 В, У

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1,06	3,2	5,6	112	78	4,15	13,8		6	
1	3,3	4,2	112	78	4,15	13,8		6	
0,8	2,5	3,1	112	78	4,15	13,8		9	
1,32	3,8	8,9	112	118	4,15	13,8		6	
1,25	4,1	6,1	112	118	4,15	13,8		6	
1	3,2	4,5	112	118	4,15	13,8		9	
1,25	6,7	9,1	152	94	6			6	
1,18	6,5	9,4	152	94	6	19,8		6	
1,32	5,5	6,2	152	94	6	19,8		9	
1,5	8,4	14	152	144	6	19,8		6	
1,4	7,8	14	152	144	6	19,8		6	
1,12	6	10	152	144	6	19,8		9	
1	3,2	2,2	73	120				6	
1,25	4	4,6	100	135				6	
1,12	5,7	6,5	100	195				6	
1,25	6,4	8,1	100	250				6	
1,6+1,5	11	12	125	225				6	
0,32	0,7	0,7	72	35				6	
0,45	0,8	1,5	72	56				6	
0,5	0,8	2	72	80				6	
0,67	1,4	3,5	89	56				6	
0,85	1,7	5,5	89	84				6	
1,12	5,2	8	85	112				6	
1,25	3,7	9	112	100				6	
1,06	4,4	11	112	130				6	
0,9	3,4	3,7	104	75				6	
1,25	9,9	12	165	100				6	
1,9	14	27	180	136				6	
1,25	13	18	105	185				6	
1,4	11		145	165				6	
1,32	11		145	105				6	
1,32	11		105	105				6	
0,63	2,4		125	120				18	
0,75	3,3		125	160				18	
0,63	2,3	0,9	125	120				24	
0,75	3,2	1,3	125	160				24	

Тип	P кВт	Z	q	У	*a*	N
АРЗ-33-8		48	2	5		27+27
АРЗ-34-8		48	2	5		20+20
АРЗ-23-10		36	1,2	4		51+51
АРЗ-24-10		36	1,2	4		38+38
АРЗ-33-10		45	1,5	4		25+25
АРЗ-34-10		45	1,5	4		19+19
АРЗ-43-10		45	1,5	4		(16+16)2
АРЗ-44-10		45	1,5	4		(12+12)2
АРЗ-33-12		45	1,25	3		25+25
АРЗ-34-12		45	1,25	3		19+19
АРЗ-43-12		45	1,25	3		(16+16)2
АРЗ-44-12		45	1,25	3		(12+12)2
АРЗ-43-16		48	1	3		(16+16)2
АРЗ-44-16		48	1	3		(12+12)2

5.5. Данные электродвигателей серии А, АО(Л)

Тип	P кВт	Z	q	У	*a*	N
АОЛ-12-2	0,27	24	2+2	10		135
АОЛ-12-4	0,18	24	2	6		193
АОЛ-21-2	0,4	24	2+2	10		112
АОЛ-21-4	0,27	24	2	6		160
АОЛ-22-2	0,6	24	2+2	10		85
АОЛ-22-4	0,4	24	2	6		125
А(О)-31-2	1	24	2+2	10		74
А(О)-32-2	1,7	24	2+2	10		49
А(О)-31-4	0,6	24	2	6		118
А(О)-32-4	1	24	2	6		80
А(О)-31-6	0,4	36	2	6		125
А(О)-32-6	0,6	36	2	6		81
А(Л)-41-2	2,8	24	2+2	10		47
А(Л)-42-2	4,5	24	2+2	10		31
А(О)-41-4	1,7	36	3	9		53
А(О,Л)-42-4	2,8	36	3	9		36

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1	5,4	1,4	170	150				24	
1,25	7,4	1,9	170	200				24	
0,63	2,3	1,6	125	120				30	
0,75	3,2	2,2	125	160				30	
1	45	2,8	170	150				30	
1,25	6,4	3,7	170	200				30	
1,18	14	4	225	200				30	
1,32	12	5,6	225	260				30	
1	4,2	5	170	150				36	
1,25	6	7	170	200				36	
1,18	9,6	6,5	225	200				36	
1,32	12	8,9	225	260				36	
1,18	10	11	225	200				48	
1,32	12	15	225	260				48	

напряжением 380 В, *Y*

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
0,355	0,54	0,7	60	62			392	6	
0,335	0,55	0,6	60	62			308	6	
0,45	0,74	0,98	72	56			410	6	
0,355	0,55	0,83	72	56			316	6	
0,53	0,9	1,43	72	76			450	6	
0,425	0,63	1,14	72	76			356	6	
0,67	1,43	2,2	82	64			480	6	
0,85	1,66	3,7	82	100			550	6	
0,56	1,25	1,6	89	64			360	6	
0,71	1,6	2,4	89	100			430	6	
0,53	1,56	1,3	89	64			330	9	
0,71	2,06	1,8	89	100			400	9	
1,12	3,02	5,8	104	75			580	6	
1,32	3,27	9,1	104	115			660	6	
0,95	2,98	3,9	112	75			460	6	
1,18	3,7	6,1	112	115			540	6	

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
А(О,Л)-41-6	1	36	2	6		76
А(О,Л)-42-6	1,7	36	2	6		50
А-51-2	7	24	4	9		(16+16)2
АО-51-2	4,5	24	4	9		(19+19)2
А-52-2	10	24	4	9		(11+11)3
АО-52-2	7	24	4	9		(13+13)3
А(О)-51-4	4,5	36	3	9		32×2
А(О)-52-4	7	36	3	9		22×2
А(О)-51-6	2,8	36	2	6		47
А(О)-52-6	4,5	36	2	6		31
А-61-2	14	36	6	12		(9+10)3
А-62-2	20	36	6	12	2	(14+14)2
А-61-4	10	36	3	7		14+14
А-62-4	14	36	3	7		(10+10)2
А-61-6	7	36	2	5		18+18
А-62-6	10	36	2	5		13+14
А-61-8	4,5	54	2 и 3	6		16+16
А-62-8	4,5	48	2	5		(18+18)2
А-62-8	7	54	2 и 3	6		12+12
А-62-8	7	48	2	5	2	27+27
АО-62-2	10	36	6	12	2	(18+18)2
АО-63-2	14	36	6	12	2	14+14
АО-62-4	10	36	3	7		11+11
АО-63-4	14	36	3	7		(16+16)2
АО-62-6	7	36	2	5		14+14
АО-63-6	10	36	2	5	2	21+21
АО-62-8	4,5	54	2 и 3	6		14+14
АО-62-8	4,5	48	2	5	2	27+27
АО-63-8	7	54	2 и 3	6		10+10
АО-63-8	7	48	2	5		(10+10)2
А-71-2	28	36	6	12	2	(12+12)3
А-72-2	40	36	6	12	2	(9+9)3
А-71-4	20	36	3	7	2	(17+17)2
А-72-4	28	36	3	7	2	(13+13)2
А-71-6	14	54	3	7	2	17+17
А-72-6	20	54	3	7	3	19+19

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
0,8	2,36	2,8	112	75			390	9	
1	2,86	4,3	112	115			470	9	
1,32	6,5	13,8	140	90			680	6	
1,18	6,15	9,1	140	90			680	6	
1,25	7,1	19,5	140	140			780	6	
1,18	7,22	13,8	140	140			780	6	
1,12	6,26	9,4	152	90			590	6	
1,4	7,82	14,2	152	140			690	6	
1,32	5,42	6,6	152	90			480	9	
1,12+1,18	6,4	10,1	152	140			580	9	
1,4	12,1	27,5	180	75			820	6	
1,4	12,5	38	180	100			870	6	
1,32+1,4	7,6	19,7	200	75			570	12	
1,6	8,45	27,5	200	100			620	12	
1,18+1,25	6,8	15,5	200	75			500	18	
1,4+1,5	8,14	21,5	200	100			550	18	
1,12+1,18	8,43	11	230	80			480	24	
1 18	8,94	11	230	80			490	24	
1,32+1,4	9,46	16	230	100			530	24	
1,4	9,95	16	230	100			540	24	
1,32	14,4	19,5	180	100			870	6	
1,4+1,5	14,9	27	180	135			940	6	
1,5+1,6	8,9	19,7	200	100			620	12	
1,3	10,15	27,4	200	135			690	12	
1,3+1,4	7,6	15,5	200	100			550	18	
1,6	9,14	21	200	135			620	18	
1,12+1,18	8,6	10,5	230	100			590	24	
1,32	9,6	10,5	230	100			540	24	
1,4+1,5	10,74	16	230	135			600	24	
1,6	11,4	16	230	135			610	24	
1,4	17,3	53	205	100			930	6	
1,6	18,7	74	205	135			1000	6	
1,4	12,7	39	230	100			720	12	
1,6	14	54	230	135			790	12	
1,18+1,25	12,2	29,6	260	100			620	18	
1,6	13,7	41,3	260	135			690	18	

Тип	Р кВт	Z	q	У	a	N
А-71-8	10	54	2 и 3	6		10+10
А-71-8	10	48	2	5		12+12
А-72-8	14	54	2 и 3	6	2	(15+15)2
А-72-8	14	48	2	5		(9+9)3
АО-72-2	20	36	6	12	2	(11+11)3
АО-73-2	28	36	6	12	2	(9+9)4
АО-72-4	20	36	3	7	2	14+14
АО-73-4	28	36	3	7	2	(10+10)3
АО-72-6	14	54	3	7	3	20+20
АО-73-6	20	54	3	7	2	10+10
АО-72-8	10	54	2 и 3	6	2	(16+16)2
АО-72-8	10	48	2	5	2	19+19
АО-73-8	14	54	2 и 3	5	2	12+12
АО-73-8	14	48	2	5		(7+7)2
А-81-2	55	36	6	13	2	(8+8)5
А-82-2	75	36	6	13	2	(6+6)6
А-81-4	40	48	4	10	2	(8+8)4
А-82-4	55	48	4	10	4	(12+12)3
А-81-6	28	72	4	10	2	(8+8)3
А-82-6	40	72	4	10	3	(9+9)3
А-81-8	20	72	3	7	2	11+11
А-82-8	28	72	3	7	2	(8+8)3
АО-82-2	40	36	6	13	2	(7+7)5
АО-83-2	55	36	6	13	2	(5+6)6
АО-82-4	40	48	4	10	2	(7+7)4
АО-83-4	55	48	4	10	4	(10+10)3
АО-82-6	28	72	4	10	2	(7+7)3
АО-83-6	40	72	4	10	3	(7+7)3
АО-82-8	20	72	3	7	2	(9+9)3
АО-83-8	28	72	3	7	4	13+13
А-91-2	100	48	8	16	2	(4+5)7
А-92-2	125	48	8	16	2	(3+4)10
А-91-4	75	60	5	13	4	(10+10)3
А-92-4	100	60	5	13	4	(8+8)4
А-91-6	55	72	4	10	6	17+17
А-92-6	75	72	4	10	6	(13+13)2

5.5. Продолжение

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1,5+1,6	11,43	22	260	100			570	24	
1,5+1,6	12	22	260	100			560	24	
1,25	12,2	30	260	135			640	24	
1,6	15,4	30	260	135			630	24	
1,5	20,2	38	205	135			1000	6	
1,5	24,3	52	205	185			1100	6	
1,5+1,6	14,8	38,8	230	135			790	12	
1,6	17,9	53,8	230	185			890	12	
1,4	13,7	29	280	135			690	18	
1,6+1,7	17,1	41	260	185			790	18	
1,12	10,88	22	260	135			640	24	
1,18+1,25	13	22	260	135			630	24	
1,3+1,4	13,6	30,3	260	185			740	24	
1,4+1,5	15,8	30	260	185			730	24	
1,6	34,6	101	240	130			1250	6	
1,7	36,2	136	240	180			1350	6	
1,5	25,2	76	265	76			980	12	
1,5	29	103	265	180			1080	12	
1,5	23,2	56,5	300	130			850	18	
1,4	24,3	79,8	300	180			950	18	
1,5+1,6	21	42	300	130			720	24	
1,5	22,8	58	300	180			820	24	
1,7	36,1	75	240	180			1350	6	
1,8	40,3	100	240	250			1490	6	
1,7	31,3	75	265	180			1080	12	
1,6	35	103	265	250			1220	12	
1,6	27	55,5	300	180			950	18	
1,6	30,8	77,5	300	250			1090	18	
1,32	23	42	300	180			820	24	
1,3+1,4	25,2	57,5	300	250			960	24	
1,9	57,9	180	285	160			1480	6	
1,9	69,9	225	285	220			160	6	
1,7	43,8	140	315	160			1170	12	
1,7	51,4	185	315	220			1290	12	
1,4+1,5	35,5	106	350	160			950	18	
1,7	41,6	141	350	220			1070	18	

5.5. Продолжение

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
А-91-8	40	72	3	7	4	15+15
А-92-8	55	72	3	7	4	(11+11)3
АО-93-2	75	48	8	17	2	(4+4)8
АО-94-2	100	48	8	17	2	(3+4)9
АО-93-4	75	60	5	13	4	(8+8)4
АО-94-4	100	60	5	13	4	(6+6)6
АО-93-6	55	72	4	10	6	(13+13)2
АО-94-6	75	72	4	10	6	(10+10)3
АО-93-8	40	72	3	7	4	(11+11)3
АО-94-8	55	72	3	7	4	(8+9)3

5.6. Данные трехфазных электродвигателей серии А, А3,

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
А-101-2	160	48	8	13	2	(6+6)2
А-102-2	290	48	8	13	2	(5+5)4
А-103-2	250	48	8	13	2	(4+4)4
А-101-4(к)	125	60	5	12	4	(7+7)2
А-102-4(к)	160	60	5	12	2	(5+5)2
А-103-4(к)	200	60	5	12	2	(4+4)2
А-101-6	100	72	4	9	2	(4+4)2
А-102-6	125	72	4	11	2	(3+3)4
А-103-6	160	72	4	11	3	(6+7)2
А-104-6	200	72	4	10	2	(2+2)4
А-101-8	75	72	3	8	2	(5+5)2
А-102-8	100	72	3	8	4	(8+8)2
А-103-8	125	72	3	9	4	(6+7)2
А-104-8	160	72	3	8	4	(5+5)2
А-101-10	55	90	3	9	2	(5+5)2
А-102-10	75	90	3	9	2	(4+4)2
А-103-10	100	90	3	7	5	(8+9)2
А-112-2	320	48	8	14	2	(3+4)4
А-111-4(к)	250	60	5	11	4	(9+9)2
А-112-4(к)	320	60	5	13	4	(7+7)2
А-113-4(к)	400	60	5	12	4	(8+8)2
А-113-6	250	72	4	10	6	(6+7)2
А-114-6	320	72	4	10	3	(4+5)2
А-113-8	200	72	3	8	4	(5+5)4

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1,5+1,6	31,2	81	350	160			820	24	
1,5	37,7	109	350	220			940	24	
1,9	67,8	136	285	250			1660	6	
2	78	182	285	320			1800	6	
1,7	55,5	138	315	250			1350	12	
1,6	64,4	184	315	320			1490	12	
1,7	46,2	104	350	250			1130	18	
1,6	51,2	139	350	320			1270	18	
1,5	38,8	80	350	250			1000	24	
1,7	45,6	108	350	320			1140	24	

АО3, напряжением 380 В.

a×b	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
3,8×3,05	88	291	305	220				6	Δ
3,8×1,81	95	355	305	275				6	Δ
3,8×2,26	100	440	305	340				6	Δ
3,05×2,26	70	227	365	220				12	Y
3,05×3,28	80	291	365	275				12	Δ
3,05×4,4	95	357	365	340				12	Δ
2,83×3,53	59	184	410	220				18	Y
2,83×2,26	66	228	410	275				18	Y
2,83×2,1	72	286	410	340				18	Δ
2,83×3,53	84	357	410	440				18	Y
3,05×3,28	72	145	430	220				24	Y
3,05×1,95	82	191	430	275				24	Y
3,05×2,24	89	236	430	340				24	Y
3,05×3,28	106	302	430	440				24	Y
3,63×3,05	73	114	445	220				30	Y
2,63×3,8	81	155	445	275				30	Y
2,63×1,68	74	202	445	340				30	Y
4,7×2,26	108	562	390	275				6	Δ
4,1×2,1	126	456	470	220				12	Δ
4,1×2,63	139	575	470	275				12	Δ
4,1×2,44	151	538	470	340	фазн.(к) 500 В			12	Δ
4,4×2,26	133	450	525	340				18	Y
4,4×3,53	164	568	525	440				18	Δ
4,1×1,45	110	364	550	340				24	Y

Тип	P кВт	Z	q	У	*a*	N
А-114-8	250	72	3	8	4	(4+4)4
А-112-10	125	90	3	8	2	(3+3)4
А-113-10	160	90	3	8	5	(6+6)2
А-114-10	200	90	3	8	5	(5+5)2
А3-315S-2	160	48	8	14	2	(6+6)4
А3-315М-2	200	48	8	14	2	(5+5)4
А3-315S1-4	132	60	5	12	4	(13+13)2
А3-315S2-4	160	60	5	11	4	(10+10)2
А3-315М-4	200	60	5	11	4	(9+9)2
А3-315S-6	110	72	4	10	6	(12+12)2
А3-315М-6	132	72	4	10	3	(8+8)2
А3-315S-8	90	72	3	8	4	(5+5)2
А3-315М-8	110	72	3	8	4	(7+7)2
А3-315S-10	55	90	3	8	5	5+5
А3-315М-10	75	90	3	8	2	9+9
АО3-315S-2	160	48	8	15	2	(5+5)4
АО3-315М-2	200	48	8	15	2	(4+4)4
АО3-315S-4	160	60	5	11	4	(10+10)2
АО3-315М-4	200	60	5	12	4	(8+8)4
АО3-315S-6	110	72	4	10	6	(9+10)2
АО3-315М-6	132	72	4	10	3	(7+7)2
АО3-315S-8	90	72	3	7	4	(7+8)2
АО3-315М-8	110	72	3	7	4	(6+6)4
АО3-315S-10	55	90	3	8	5	(11+11)3
АО3-315М-10	75	90	3	8	5	(9+9)4
АО3-355S-2	250	48	8	15	2	(4+4)4
АО3-355М-2	315	48	8	14	2	(3+4)6
АО3-355S-4	250	60	5	11	4	(7+7)4
АО3-355М-4	315	60	5	13	4	(5+6)4
АО3-355S-6	160	72	4	9	3	(7+7)2
АО3-355М-6	200	72	4	9	6	(11+11)2
АО3-355S-8	132	72	3	7	4	(10+10)2
АО3-355М-8	160	72	3	7	4	(9+9)2
АО3-355S-10	90	90	3	7	5	9+9
АО3-355М-10	110	90	3	8	5	7+7
АО3-355S-12	75	90	2 и 3	6	6	11+11
АО3-355М-12	90	90	2 и 3	6	6	9+9

$a \times b$	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
4,1×1,81	125	452	550	440				24	У
2,63×3,28	102	237	550	275				30	У
2,63×3,28	113	304	550	340				30	У
2,63×3,8	126	373	550	440				30	У
1,15×3,8	69,5	288	275	195			725	6	△
1,45×3,8	74,6	358	275	250			755	6	△
1,08×3,53	68	243	395	180			640	12	△
1,35×3,53	71,5	291	335	235			665	12	△
1,68×3,53	79,5	356	335	290			720	12	△
1×3,05	51	208	370	210			575	18	△
1,56×3,05	59	248	370	260			625	18	△
1,25×3,28	53	176	385	210			530	24	У
1,68×3,28	63,5	215	385	315			645	24	У
1,5×8	54,8	113	400	220			485	30	У
1,56×4	60	150	400	300			545	30	У
1,6×4	89,8	292	275	270			1640	6	△
2,12×4	101	365	275	330			1760	6	△
1,6×3,55	87	283	335	290			1450	12	△
1×3,55	93,6	372	335	360			1590	12	△
1,25×3	57,6	235	370	275			1290	18	У
1,8×3	64,8	252	370	320			1380	18	У
1,6×3,35	61,6	174	385	300			1200	24	У
1×3,35	67	212	385	370			1340	24	У
1,62	58,5	114	400	250			930	30	У
1,56	63,6	150	400	305			1090	30	У
2,24×4,5	130	422	310	290			1810	6	△
1,7×4,5	135	543	310	360			1900	6	△
1,18×4	160	432	380	360			1900	12	△
1,5×4	140	542	380	470			1640	12	△
2×3,55	87	285	425	295			1320	18	△
1,25×3,55	95	375	425	340			1470	18	△
1,25×3,55	82	242	440	325			1270	24	△
1,6×3,55	95	268	440	375			1370	24	△
1,62×4	71,9	178	450	295			1095	30	У
1,62×5	81,6	217	450	355			1260	30	У
1,68×3	63,3	162	450	295			1080	36	У
1,62×4	71,3	193	450	355			1200	36	У

5.7. Данные трехфазных электродвигателей серии ВАО,

Тип	Р кВт	Z	q	У	*a*	N
ВАО-01-2	0,4	24	2+2	10		130
02-2	0,6	24	2+2	10		107
01-4	0,27	24	2	6		185
02-4	0,4	24	2	6		146
11-2	0,8	24	2+2	10		86
12-2	1,1	24	2+2	10		70
11-4	0,6	24	2	6		115
12-4	0,8	24	2	6		96
11-6	0,4	24	2	6		116
12-6	0,6	24	2	6		96
21-2	1,5	24	2+2	10		70
22-2	2,2	24	2+2	10		52
21-4	1,1	24	2	6		88
22-4	1,5	24	2	6		61
21-6	0,8	36	2	6		84
22-6	1,1	36	2	6		63
ВАО-31-2	3	24	4	8		25+25
32-2	4	24	4	8		20+20
31-4	2,2	36	3	9		43
32-4	3	36	3	9		35
31-6	1,5	36	2	6		61
32-6	2,2	36	2	6		46
41-2	5,5	24	4	9		17+17
42-2	7,5	24	4	9		(14+14)2
41-4	4	36	3	9		34
42-4	5,5	36	3	9		25
41-6	3	36	2	6		43
42-6	4	36	2	6		31
41-8	2,2	36	1 и 2	4		27+27
42-8	3	36	1 и 2	4		20+20
51-2	10	24	4	9		(12+12)4
52-2	13	24	4	9		(10+10)4
51-4	7,5	36	3	7		13+13
ВАО-52-4	10	36	3	7		(10+10)3
51-6	5,5	36	2	5		16+15
52-6	7,5	36	2	5		11+11
51-8	4	36	1 и 2	4		18+18
52-8	5,5	36	1 и 2	4		(13+13)2
62-2	17	36	6	11		(6+7)3

напряжением 380 В.

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
0,4	0,7	1	60	48	3,3	18	380	6	Y
0,47	0,8	1,5	60	60	3,3	18	404	6	Y
0,4	0,8	1	72	48	4,6	11	304	6	Y
0,4	0,9	1,3	72	60	4,6	11	328	6	Y
0,63	1,4	1,9	73	60	3,7	16,2	444	6	Y
0,71	1,5	2,5	73	75	3,7	16,2	474	6	Y
0,6	1,3	1,9	80	60	5,3	11,9	354	6	Y
0,65	1,4	2,5	80	75	5,3	11,9	384	6	Y
0,56	1,5	1,5	80	65	3,6	8	334	9	Y
0,63	1,9	2,2	80	75	3,6	8	354	9	Y
0,85	2,2	3,4	86	63	4,6	18	513	6	Y
1	2,4	4,8	86	90	4,6	18	567	6	Y
0,75	1,7	2,9	94	70	6	13	426	6	Y
0,9	2,2	3,7	94	95	6	13	476	6	Y
0,67	1,9	2,5	98	70	4,4	9,7	396	9	Y
0,8	2,3	3,4	98	95	4,4	9,7	446	9	Y
1,18	3,3	6,5	106	88	5,1	19,3	553	6	Y
1,32	3,4	8,5	106	115	5,1	19,3	607	6	Y
1,06	2,8	5	112	88	5	14,6	496	6	Y
1,12	3,1	7	112	115	5	14,6	550	6	Y
1	3,2	4,2	122	88	4,7	9,9	434	9	Y
1,12	4,2	6	122	115	4,7	9,9	488	9	Y
1,7	6,3	12	123	110	5,4	21,5	690	6	Y
1,32	6,9	15	123	150	5,4	21,5	770	6	Y
1,4	5,5	9	133	110	5	16	616	6	Y
1,32+1,25	6,5	12	133	150	5	16	696	6	Y
1,32	5,1	8	144	110	5,9	11	527	9	Y
1,5	6,1	10	144	150	5,9	11	607	9	Y
1,12	4,4	7	144	110	5,9	11	457	24	Y
1,32	4,9	9	144	150	5,9	11	537	24	Y
1,25	12	20	140	135	6,7	26,7	840	6	Y
1,32	13	26	140	170	6,7	26,7	910	6	Y
1,32+1,4	8,1	16	158	135	6,1	19,7	610	12	Y
1,25	8,7	20	158	170	6,1	19,7	700	12	Y
1,06+1,25	6,2	13	173	135	7,3	13,5	512	18	Y
1,32+1,4	7,7	17	173	190	7,3	13,5	682	18	Y
1,5	5,9	11	173	135	7,3	13,5	529	24	Y
1,25	7,4	15	173	190	7,3	13,5	640	24	Y
1,5	11	33	153	165	6,6	40,9	870	6	Y

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
61-4	13	36	3	7		(8+9)3
62-4	17	36	3	7		(7+7)3
61-6	10	54	3	7		8+8
62-6	13	54	3	7		(6+6)2
61-8	7,5	54	2 и 3	6		9+10
62-8	10	54	2 и 3	6		(7+7)2
71-2	22	36	6	11		(10+10)2
72-2	30	36	6	11		(8+8)3
71-4	22	36	7	7		(10+10)2
ВАО-72-4	30	36	3	7		(8+8)3
71-6	17	54	3	7		9+9
72-6	22	54	3	7	2	15+15
71-8	13	54	2 и 3	6		(11+11)2
72-8	17	54	2 и 3	6	2	17+17
81-2	40	36	6	11	2	(13+13)2
82-2	55	36	6	11	2	(10+10)2
81-4	40	48	4	10	2	(11+11)2
82-4	55	48	4	10	2	(8+9)3
81-6	30	72	4	10		(5+6)3
82-6	40	72	4	10	2	8+9
81-8	22	72	3	7		(7+7)3
82-8	30	72	3	7	2	(10+11)2
91-2	75	36	6	11		5+5
92-2	100	36	6	11		4+4
91-4	75	48	4	10		4+5
92-4	100	48	4	10	2	6+7
91-6	55	72	4	10		4+4
92-6	75	72	4	10		3+3
91-8	40	72	3	7		5+5
92-8	55	72	3	7		4+4
(101)315S-2	132	48	8	13	2	6+6
(102)315M-2	160	48	8	13	2	5+5
(101)315S-4	132	60	5	12	2	5+5
(102)315M-4	160	60	5	12	2	4+4
(101)315S-6	110	72	4	10	2	5+5
(102)315M-6	132	72	4	10	2	4+5
(100)315L-8	75	72	3	7	2	8+8
(101)315S-8	90	72	3	7	2	7+7
(102)315M-8	110	72	3	7	2	5+6

5.7. Продолжение

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1,32	9,2	26	180	150	8,1	26,5	710	12	Y
1,5	11	34	180	210	8,1	26,5	830	12	Y
1,5+1,4	9,1	21	206	150	5,7	16,5	650	18	Y
1,6	9,7	27	206	210	5,7	16,5	770	18	Y
1,4+1,32	8,7	19	206	150	5,7	16,5	630	24	Y
1,5	9,6	24	206	210	5,7	16,5	750	24	Y
1,7	16,2	24	183	145	7,9	50,3	908	6	△
1,5	17,7	33	183	190	7,9	50,3	998	6	△
1,7	13,3	25	214	190	10,6	34,2	862	12	△
1,6	15,7	40	214	250	10,6	34,2	982	12	△
1,5+1,4	12,6	21	245	190	7,2	21,3	780	18	△
1,6	14,5	25	245	250	7,2	21,3	900	18	△
1,32	11,6	18	245	190	7,2	21,4	756	24	△
1,5	13,2	22	245	250	7,2	21,3	876	24	△
1,7	25,1	45	211	200	8,4	58	1104	6	△
1,9	27,1	62	211	250	8,4	58	1204	6	△
1,7	24,7	45	247	210	8,3	38,3	1000	12	△
1,6	27,2	61	247	280	8,3	38,3	1140	12	△
1,6	21	35	285	210	5,8	22,1	900	18	△
1,6+1,5	23,2	46	285	280	5,8	22,1	1040	18	△
1,4	18,3	28	285	210	5,8	22,1	800	24	△
1,4	22,2	38	285	280	5,8	22,1	940	24	△
3,05×6,4		84	247	220			1330	6	△
3,8×6,4		110	247	275			1440	6	△
3,28×6,4		84	84	240			1250	12	△
2,1×6,4		113	290	240			1430	12	△
2,83×5,5		63	334	240			1170	18	△
3,8×5,5		86	334	330			1350	18	△
2,1×5,9		51	334	240			1030	24	△
2,83×5,5		67	334	330			1210	24	△
3,05×6,9		241	290	270			1460	6	△
3,8×6,9		288	290	335			1600	6	△
2,83×5,9		212	340	300			1350	12	△
3,58×5,9		291	340	375			1510	12	△
2,83×5,9		206	360	300			1250	18	△
3,53×5,9		244	360	375			1400	18	△
1,95×5,9	51,8	149	370	260			1030	24	△
2,25×5,9	66	177	370	300			1110	24	△
3,05×5,9	80,5	217	370	375			1260	24	△

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
(101)315S-10	55	72	1,4	6	2	8+8
(102)315M-10	75	72	1,4	6	2	6+7
(111)315M-2	200	48	8	14	2	(4+4)2
(112)315L-2	250	48	8	13	2	(6+6)2
(111)355M-4	200	60	5	12	4	8+8
(112)355L-4	250	60	5	11	4	7+7
(111)355M-6	160	72	4	10	3	6+7
(112)355L-6	200	72	4	10	3	5+6
(111)355M-8	132	72	3	7	2	5+6
(112)355L-8	160	72	3	7	2	4+5
(110)355M-10	90	72	2,4	6	2	7+7
(111)355M-10	110	72	2,4	6	2	6+6
(112)355L-10	132	72	2,4	6	2	5+5
(121)450S-2	320	48	8	14	2	(5+5)2
(121)450S4	320	60	5	12	4	9+9
(121)450S-6	250	72	4	10	2	(5+5)2
(122)450M-6	320	72	4	10	3	(6+7)3
(121)450M-8	250	72	3	7	4	6+6
(122)450S-8	200	72	3	7	4	7+8
(121)450S-10	160	72	2,4	6	2	(8+8)2
(122)450M-10	200	72	2,4	6	2	(6+8)2

5.8. Данные взрывозащищенных электродвигателей серии

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
ВР-63А-2	0,37	24	2+2	10		225
63В-2	0,55	24	2+2	10		165
63А-4	0,25	24	2	6		340
63В-4	0,37	24	2	6		269
71А-2	0,75	24	2+2	10		156
71В-2	1,1	24	2+2	10		128
71А-4	0,55	24	2	6		228
71В-4	0,75	24	2	6		182
71А-6	0,37	36	2	6		205
71В-6	0,55	36	2	6		176
80А-2	1,5	24	4	9		60+60
80В-2	2,2	24	4	9		45+45

5.7. Продолжение

d	G	I	D	l,	b	h	L	кг	сх
1,95 × 5,9	60	128	370	300			1070	30	△
2,44 × 5,9	78	168	370	375			1220	30	△
2,63 × 6,9	107	364	320	335			1700	6	△
1,68 × 6,9	109	270	320	415	660 В		1800	6	△
2,44 × 6,9	130	365	380	350	660 В		1560	12	△
2,83 × 6,9	123	450	380	430			1670	12	△
2,83 × 6,9	116	297	405	350			1410	18	△
3,53 × 6,9	137	365	405	430			1570	18	△
3,28 × 6,9	101	250	430	350			1250	24	△
4,1 × 6,9	116	303	430	430			1410	24	△
2,44 × 6,9	84	190	430	300			1100	30	△
3,05 × 6,9	99	230	430	350			1200	30	△
3,55 × 6,9	110	272	430	430			1370	30	△
2,25 × 6,9	134	327	360	450	660 В		2000	6	△
2,25 × 6,9	140	335	430	470	660 В		1860	12	△
3,8 × 6,9	158	260	460	470	660 В		1690	18	△
3,05 × 6,9	171	330	460	590	660 В		1930	18	△
3,05 × 6,9	144	269	480	590			1760	24	△
2,44 × 6,9	124	374	480	470			1520	24	△
2,26 × 6,9	118	340	480	470			1460	30	△
2,63 × 6,9	140	402	480	590			1700	30	△

ВР, напряжением 380 В — △

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
0,38	1,75	6,4	59	55			415	6	
0,45	1,27		59	75			455	6	
0,315	0,8		63	55			280	6	
0,355	0,92		63	75			320	6	
0,45	1,45		66	70			445	6	
0,53	1,49		66	85			475	6	
0,425	1,11		72	70			332	6	
0,475	1,27		72	85			362	6	
0,38	1,12		78	70			390	9	
0,425	1,24		78	85			320	9	
0,63	2,06		76	80			480	6	
0,75	2,32		76	110			540	6	

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
80A-4	1,1	24	2	6		170
80B-4	1,5	24	2	6		130
80A-6	0,75	36	2	6		144
80B-6	1,1	36	2	6		110
90L-2	3	24	2+2	10		71
90L-4	2,2	24	2	6		97
90L-6	1,5	36	2	6		95
100S-2	4	24	2+2	10		62
100L-2	5,5	24	2+2	10		50
100S-4	3	36	3	9		64
100L-4	4	36	3	9		50
100L-6	2,2	36	2	6		72
112M-2	7,5	24	2+2	10		43×2
112M-4	5,5	36	3	9		42
112MA-6	3	36	2	6		70
112MB-6	4	36	2	6		52
112MB-8	3	36	1 и 2	4		33+33
132M-2	11	24	4	8		39+39
132S-4	7,5	36	3	9		35×3
132M-4	11	36	3	9		26×2
132S-6	5,5	36	2	6		46
132M-6	7,5	36	2	6		36×3
132S-8	4	36	1 и 2	4		(28+28)2
132M-8	5,5	36	1 и 2	4		(23+23)2
160S-2	15	36	6	11	2	(25+25)2
160M-2	18,5	36	6	11	2	(21+21)2
160S-4	15	36	3	7		(13+13)3
160M-4	18,5	36	3	7	2	(22+22)2
160S-6	11	54	3	7	2	24+24
160M-6	15	54	3	7		(9+10)3
160S-8	7,5	54	2 и 3	6	2	24+24
160M-8	11	54	2 и 3	6	2	22+22
180S-2	22	36	6	11	2	(19+19)3
180M-2	30	36	6	11	2	(15+16)3
180S-4	22	48	4	10	2	(16+16)2
180M-4	30	48	4	10	2	(12+12)3
180M-6	18,5	54	2	7	3	24+25
180M-8	15	54	2 и 3	6	2	(19+19)2

5.8. Продолжение

d	G	l	D	l_1	b	h	L	кг	сх
0,56	1,69		83	80			378	6	
0,63	2,07		83	110			438	6	
0,475	1,37		90	80			328	9	
0,53	1,57		90	110			388	9	
0,9	2,81	6,4	88	115				6	
0,8	2,53	5,2	94	115				6	
0,71	2,56	4,2	98	115				9	
1,12	4,17	8,3	98	115				6	
1,25	4,45	11,2	98	140				6	
0,95	3,76	6,9	108	110				6	
1,06	3,97	8,9	108	135				6	
0,85	3,21	5,8	105	135				9	
1,06	6,5	14,2	106	150			774	6	
1,26	5,1	11,6	120	150			596	6	
0,9	3,4	7,1	132	110			455	9	
1,06	4,1	9,3	132	150			509	9	
0,9	3,5	8,1	132	150			535	24	
1,32	9	20,7	131	150			776	6	
0,9	7,2	15	148	145			650	6	
1,25	7,6	22,2	148	180			720	6	
1,4	6,8	11,9	162	145			578	9	
0,9	7,1	16,1	162	180			648	9	
0,85	5,8	10	162	145			546	24	
0,95	6,7	13,8	162	180			616	24	
1,18	15,1	17	160	140			840	6	
1,25	15,3	20	160	170			900	6	
1,25	11,3	18	180	150			710	12	
1,18	12,6	21	180	190			790	12	
1,32	11,5	13	206	180			710	18	
1,25	14	18	206	230			810	18	
1,25	12	10	206	180			690	24	
1,4	13,2	15	206	230			790	24	
1,12	16,8	24	178	150			910	6	
1,25	18,6	32	178	190			990	6	
1,32	16	25	205	165			828	12	
1,25	18,2	33	205	220			938	12	
1,5	17,8	22	210	230			830	18	
1,18	16,6	20	210	230			806	24	

5.9. Данные взрывозащищенных электродвигателей серии

Тип	Р кВт	Z	q	У	a	N
142-1-4	5,5	36	3	9		25
142-2-4	8	36	3	9		17×2
142-1-6	3,8	36	2	6		35
142-2-6	5,5	36	2	6		24
142-1-8	2,7	48	2	6		34
142-2-8	4	48	2	6		24
143-1-4	11,4	36	3	9		17×3
143-2-4	16	36	3	9	2	24×2
143-1-6	8	36	2	6		24×2
143-2-6	11	36	2	6		17×3
143-1-8	6,5	48	2	6		22×2
143-2-8	8,5	48	2	6		16×2
144-1-4	21,5	48	4	12	2	16×2
144-2-4	29	48	4	12	2	12×3
144-1-6	16.5	54	3	9		10×4
144-2-6	21,5	54	3	9	3	22×2
144-1-8	11	48	4	6		15×3
144-2-8	15	48	4	6		21×2
145-1-4	40	48	4	10	2	6+7
145-2-4	53	48	4	10	2	5+5
146-1-4	72	48	4	10	2	4+4
146-2-4	95	48	4	10	4	6+7
202-1-4	13	36	3	9		18
202-2-4	17	36	3	9		15×2
202-1-6	9,1	54	3	9		16
202-2-6	11,8	54	3	9		13×2
202-1-8	6	48	2	6		26
202-2-8	8	48	2	6		21
203-1-4	22	48	4	12		10×2
203-2-4	28,5	48	4	12		8×3
203-1-6	15,2	36	2	6		8×2
203-2-6	19,7	36	2	6	2	29
203-1-8	11	48	2	6		18×2
203-2-8	14	48	2	6	2	29
204-1-4	37	48	4	12	2	16×2
204-2-4	48	48	4	12	2	13×2

МА напряжением 380 В — **Y.**

d	G	I	D	l	b	h	L	кг	сх
1,8	7	11,5	150	130			670	6	
1,5	8	16,4	150	190			790	6	
1,6	7	8,8	160	130			585	9	
1,9	8	12,5	160	190			705	9	
1,5	7	7,3	160	130			545	12	
1,7	8	10,5	160	190			665	12	
1,6	13	23	210	135			760	6	
1,6	15	31,7	210	190			870	6	
1,7	12	17,5	225	135			665	9	
1,7	14	23,7	225	190			775	9	
1,4	11	15,4	235	135			615	12	
1,8	19	19,7	235	190			725	12	
1,8	16	42,5	260	160			865	6	
1,7	19	56	260	220			985	6	
1,7	16	34,5	280	160			760	9	
1,5	18	44,5	280	220			880	9	
1,6	14	25,4	300	160			705	12	
1,6	16	34,2	300	220			825	12	
5,9 × 1,25	25	77,4	300	180			1085	12	
5,9 × 1,68	27	101	300	230			1165	12	
6,4 × 2,44	36	145	340	220			1200	12	
6,4 × 1,56	40	185	340	280			1320	12	
2	5,7	26	180	115				6	
1,6	8,7	33,2	180	145				6	
1,9	7,1	19,7	198	115				9	
1,5	7,6	25	198	145				9	
1,8	5,8	13,8	208	115				12	
2	6,1	18,3	208	145				12	
1,8	9	42,7	200	132				6	
1,8	7,7	55	200	165				6	
1,6	7,9	32	220	135				9	
2	6,8	40,5	220	165				9	
1,5	7,4	24,2	235	132				12	
1,8	6,3	30	235	163				12	
1,6	11,8	70,3	245	135				6	
2	15	91	245	165				6	

Тип	Р кВт	Z	q	У	a	N
204-1-6	25,5	54	3	9	3	28
204-2-6	32	54	3	9	3	23
204-1-8	18,1	72	3	9		10×2
204-2-8	23,5	72	3	9	2	16×2
811-4	29	48	4	12		10×3
812-4	34	48	4	12	2	17×3
813-4	40	48	4	12	2	15×2
821-4	46,5	48	4	12	2	13×3
811-6	20,5	54	3	9		12×2
812-6	24,5	54	3	9	3	30
813-6	29	54	3	9	3	26
821-6	32	54	3	9	3	23
812-8	16	72	3	7	2	11+11
813-8	19	72	3	7	2	9+9
821-8	23	72	3	7		(4+4)3

5.10. Данные краиовых электродвигателей серии 4 MT*F*, H,

Тип	Р кВт	статор							
		Z	q	У	a	N	d	G	I
112L-6	2,2	54	3	9		31	1	3,7	7,2
112LB-6	3,7	54	3	9		20	1,25	6,2	11
132L-6	5,5	54	3	9		18×2	1	7,3	15
132LB-6	7,5	54	3	9		14×2	1,18	9	19
160L-8	7,5	48	2	6		16×3	1,18	14	25
160L-6	11	54	3	9	3	32	1,25	15	32
160LB-8	11	48	2	6	2	22×2	1,25	16	38
160LB-6	15	54	3	9		8×4	1,25	16	39
200L-8	15	72	3	9	2	15×2	1,25	17	42
200L-6	22	54	3	9	3	22×2	1,18	20	55
200LB-8	22	72	3	9	4	21×2	1,12	24	66
200LB-6	30	54	3	9	3	16×2	1,4	25	76

5.9. Продолжение

d	G	I	D	L	b	h	L	кг
1,6	10,4	52,2	270	135				9
1,9	12,5	64	270	165				9
1,8	12	38,2	280	135				12
1,6	15,2	49,2	280	165				12
1,9	14	55						6
1,7	14	64						6
1,9	15	74						6
2	15	85,5						6
1,9	11	42						9
1,7	12	49						9
1,8	13	58						9
1,9	13	64						9
1,8	11	34						24
2	13	40						24
1,7	14	47,5						24

M(K), 220/380 B △/Y

				ротор						
D	L	L	кг	Z	q	У	a	N	d	кг
			9	36	2	6		19	1,4	9
	150		9	36	2	6		15×2	1,12	9
			9	36	2	6		16×2	1,25	9
			9	36	2	6		14×3	1,12	9
			12	36	1 и 2	5 и 4	2	28×2	1,12	12
200	156	678	9	36	2	6	3	23×2	1,25	9
210	240		12	36	1 и 2	5 и 4	2	16×3	1,18	12
200	240	840	9	36	2	6	3	21×2	1,32	9
240	205	800	12	48	2	6	2	13×3	1,25	12
235	205	840	9	36	2	6	3	21×3	1,25	9
240	280	940	12	48	2	6	2	11×4	1,25	12
235	280	930	9	36	2	6	3	17×3	1,4	9

Тип	P кВт	статор							
		Z	q	У	a	N	d	G	l
225M-8	30	72	3	9	4	21×2	1,25	28	
225L-8	37	72	3	9	4	16×2	1,4	32	
225M-6	37	72	4	10	6	27×2	1,18	32	
225L-6	35	72	4	10	6	19×2	1,4	40	
280S-10	45	75	2 и 3	7	5	(12+12)2	1,4	23	108
280M-10	60	75	2 и 3	7	5	(9+9)3	1,32	27	142
280L-10	75	75	2 и 3	7	5	(7+7)3	1,5	31	182
280S-8	55	72	3	9	4	17×3	1,4	26	112
280M-8	75	72	3	9	4	12×4	1,4	28	154
280L-8	90	72	3	9	4	10×5	1,4	34	178
280S-6	75	72	4	12	3	10×6	1,32	27	147
280L-6	110	72	4	10	3	6×8	1,4	32	212
H111-6	3	36	2	6	—	32	1,18	3;2	11
—»—	3	45	2 и 3	7	—	13+13	1,06	2,6	11
H112-6	4,5	36	2	6	—	25	1,32	4,6	14
—»—	4,5	45	2 и 3	7	—	10+10	1,32	3,5	14
H211-6	7	36	2	6	—	21×2	1,25	6	23
—»—	7	45	2 и 3	7	—	(8+8)2	1,18	5,3	23
H311-6	11	54	3	9	—	11×3	1,18	6	31
H312-6	15	54	3	9	3	23	1,4	7,2	39
H411-6	22	54	3	9	3	22×2	1,18	9,6	55
H412-6	30	54	3	9	3	16×2	1,4	12	76
F;H311-8	7,5	60	2 и 3	7	—	(7+7)2	1,25	6	24
	7,5	48	2	6	2	33	1,25	5,9	24
F,H312-8	11	60	2 и 3	7	4	19+19	1,06	7,5	31
,,	11	48	2	6	2	22×2	1,06	7,3	31
F,H411-8	15	72	3	9	2	15×2	1,25	8,9	43
F,H412-8	22	72	3	9	4	21×2	1,12	13	66
F011-6	1,4	45	2 и 3	7	—	22+22	0,85	2,2	5,2
F012-6	2,2	45	2 и 3	7	—	16+16	1	2,4	7,2
F111-6	3,5	36	2	6	—	32	1,25	3,8	9,4
,,	3,5	45	2 и 3	7	—	14+14	1,18	3,6	9,4
F112-6	5	36	2	6	—	24×2	1,06	4,2	14
,,	5	45	2 и 3	7	—	(10+10)2	1,06	4,2	14
F211-6	7,5	36	2	6	—	21×3	1,32	6,5	20
,,	7,5	45	2 и 3	7	—	(9+9)2	1,32	6,3	20

5.10. Продолжение

D	l	L	кг	ротор						
				Z	q	У	a	N	d	кг
	230	430	12	48	2	6	2	12×4	1,32	12
	320	520	12	48	2	6	2	10×4	1,5	12
	230	447	9	54	3	9	3	15×3	1,4	9
	178	557	9	54	3	9	3	10×4	1,4	9
372	220		30			стержневой				
372	300		30							
372	390		30							
372	320		12							
372	300		12							
372	390		12							
360	220		9							
360	360		9							
148	115	550	9	27	1 и 2	4	—	11+11	1,4	18
148	115	—	18	36	2	6	—	15	1,4	9
148	155	630	9	27	1 и 2	4	—	(10+10)2	1,18	18
148	155	—	18	36	2	6	—	14×2	1,12	9
170	145	—	9	27	1 и 2	4	—	(10+10)2	1,32	18
170	145	620	18	36	2	6	—	14×2	1,32	9
200	156	678	9	36	2	6	3	24×2	1,18	9
200	240	840	9	36	2	6	3	21×2	1,25	9
235	205	840	9	36	2	6	3	21×3	1,25	9
235	280	930	9	36	2	6	3	17×3	1,4	9
210	156	652	24	48	2	6	—	12×2	1,4	12
210	156		12	36	1 и 2	4	—	(8+8)2	1,4	24
210	240	792	24	48	2	6	2	11×2	1,5	12
210	240		12	36	1 и 2	4	2	(8+8)2	1,18	24
240	205	800	12	48	2	6	2	13×3	1,25	12
240	280	940	12	48	2	6	2	11×4	1,25	12
127	85	420	18			к/з				
127	120	490	18							
148	115	550	9							
148	115		18							
148	155	630	9							
148	155		18							
170	145	620	9							
170	145		18							

5.10. Продолжение

Тип	Р кВт	статор							
		Z	q	У	a	N	d	G	I
М111-6	2,2	45	2 и 3	6	—	17+17	0,95	2,6	6,4
М112-6	3,3	45	2 и 3	6	—	12+12	1,06	2,9	9,5
М211-6	5	45	2 и 3	7	—	10+10	1,4	4,1	14
—«—	5	54	3	7	—	9+9	1,4	4,5	14
М311-6	7,5	54	3	7	2	13+13	1,12	4,7	19
М312-6	11	54	3	7	3	14+14	1,06	5,4	28
М411-6	16	54	3	7	2	(9+9)2	1,18	8,4	37
М412-6	22	54	3	7	2	(7+7)2	1,4	11	48
М311-8	5	60	2 и 3	6	2	17+17	0,95	4,5	15
М312-8	7,5	60	2 и 3	6	—	(6+6)2	1,18	5,7	21
М411-8	11	72	3	7	2	9+9	1,5	8,3	29
М412-8	16	72	3	7	4	13+13	1,25	10	45

5.11. Данные крановых электродвигателей серии КТ, МТ.

Тип	Р кВт	статор							
		Z	q	У	a	N	d	G	I
КТ-22-6	2,2	48	2 и 3	8	—	21+21	1,18	5,1	7
КТ30-6	3	48	2 и 3	8	—	16+16	1,32	5,4	9,4
КТ40-6	4	48	2 и 3	8	—	13+13	1,4	5	10,8
КТ55-6	5,5	48	2 и 3	8	—	(9+9)2	1,18	5,8	15
КТ75-6	8	54	3	7	—	(8+8)2	1,5	9	20
КТ110-6	12	54	3	7	2	11+11	1,7	10,1	28,5
КТ110-8	11	48	2	5	—	(8+8)3	1,5	12	27
КТ150-8	16	48	2	5	—	(6+6)3	1,7	14,5	37,2
КТ220-8	22	72	3	8	2	(8+8)2	1,7	18,5	49
КТ300-8	30	72	3	8	2	(6+6)2	1,9	23	63,5
КТ300-10	30	90	3	8	5	14+14	1,9	34	72
КТ400-10	40	90	3	8	5	11+11	2,24	40,5	91
КТ500-10	50	90	3	8	5	(10+10)2	1,8	44	113
КТ640-10	64	90	3	8	10	16+16	1,9	47,2	141
КТ800-10	80	90	3	8	5	(8+8)2	2,5	72	180

5.10. Продолжение

				ротор						
D	l	L	кг	Z	q	У	a	N	d	кг
148	115	510	18	36	2	6	—	16	1,32	9
148	155	590	18	36	2	6	—	14	1,5	9
170	145	640	18	36	2	6	—	14×2	1,18	9
170	145	610	18	36	2	6	—	14×2	1,18	9
200	155	640	18	36	2	6	—	12×2	1,5	9
200	240		18	36	2	6	3	18×2	1,18	9
235	205	780	18	36	2	6	3	21×2	1,4	9
235	280	930	18	36	2	6	3	18×2	1,5	9
210	156	620	24	48	2	6	—	12×2	1,3	12
210	240	770	24	48	2	6	—	10×2	1,4	12
240	205	740	24	48	2	6	2	12×2	1,5	12
240	280	890	24	48	2	6	2	10×2	1,6	12

Напряжением 380 В, *Y*.

				ротор						
D	l	L	кг	Z	q	У	a	N	d	кг
155	80	500	18	36	2	6	—	24	1,6	9
155	105	550	18	36	2	6	—	24	1,6	9
180	110	570	18	36	2	6	—	12×2	1,6	9
180	155	660	18	36	2	6	—	12×2	1,6	9
215	150	660	18	36	2	6	3	18	2	9
215	220	800	18	36	2	6	3	18	2,12	9
260	180	705	24	72	3	9	—	стержневой		
260	250	845	24	72	3	9	—	—«—		
310	200	805	24	96	4	12	—	—«—		
310	290	985	24	96	4	12	—	—«—		
380	270	1010	30	120	4	12	—	—«—		
380	340	1140	30	120	4	12	—	—«—		
410	300	1070	30	120	4	12	—	—«—		
410	380	1230	30	120	4	12	—	—«—		
460	330	1200	30	120	4	12	—	—«—		

Тип	P	статор							
	кВт	Z	q	У	a	N	d	G	l
МТ11-6(к)	2,2	45	2 и 3	6	—	18=18	0,95	2,5	7,2
МТ12-6(к)	3,5	45	2 и 3	6	—	12+12	1,18	3,1	10,3
МТ21-6(к)	5	54	3	8	—	9+9	1,5	4,6	15
МТ22-6(к)	7,5	54	3	8	2	13+13	1,25	5,5	21
МТ31-6(к)	11	54	3	8	—	(5+5)2	1,5	6	28,4
МТ31-8(к)	7,5	54	2 и 3	7	—	(7+7)2	1,25	6,1	21,2
МТ41-8(к)	11	72	3	7	2	10+10	1,6	8,3	31
МТ42-8(к)	16	72	3	7	2	(7+7)2	1,3	10,1	42,5
МТ51-8(к)	22	72	3	7	4	13+13	1,6	13,4	56,5
МТ52-8(к)	30	72	3	7	2	(5+5)3	1,4	15,3	71,6
МТ61-10	30	75	2 и 3	6	5	16+16	1,7	19,5	80
МТ62-10	45	75	2 и 3	6	5	(11+11)2	1,4	23,1	110
МТ63-10	60	75	2 и 3	6	5	(9+9)2	1,6	28,5	133
МТ71-10	80	90	3	7	10	(15+15)2	1,5	44,8	190
МТ72-10	100	90	3	7	10	(12+12)2	1,6	51	239
МТ73-10	125	90	3	7	10	(10+10)3	1,6	63	286
МТ-011-6(к)	1,4	45	2 и 3	6	—	24+24	0,83	2,2	4,8
МТ-012-6(к)	2,2	45	2 и 3	6	—	17+17	0,95	2,5	7
МТ-111-6(к)	3,5	45	2 и 3	6	—	15+15	1,2	3,6	10
МТ112-6(к)	5	45	2 и 3	6	—	(11+11)2	1	4,2	14
МТ211-6(к)	7,5	45	2 и 3	7	—	(9+9)2	1,32	6,3	20
МТ212-6(к)	7,5	54	3	7	—	(8+8)2	1,18	5,5	20
МТВ311-8(к)	7,5	60	2 и 3	6	2	15+15	1,18	5,8	20,5
МТВ312-8(к)	11	60	2 и 3	6	—	(5+5)2	1,4	6,5	31
МТВ411-8(к)	16	72	3	7	2	(8+8)2	1,32	105	42,5
МТВ412-8(к)	22	72	3	7	—	(3+3)4	1,5	11,6	58
МТВ511-8(к)	30	72	3	7	4	(11+11)2	1,25	15,2	74
МТВ512-8(к)	40	72	3	7	4	(8+8)3	1,18	19	97
МТВ311-6(к)	11	54	3	7	3	(6+6)3	1,06	5,2	28
МТВ312-6(к)	16	54	3	7	3	13+13	1,32	7	38
МТВ411-6(к)	22	54	3	7	3	(12+12)2	1,18	10	52
МТВ412-6(к)	30	54	3	7	3	(9+9)2	1,32	11	67

				ротор						
D	l	L	кг	Z	q	У	*a*	N	d	кг
148	100	470	18	36	2	6	—	16	1,32	9
148	155	585	18	36	2	6	—	16	1,32	9
170	132	575	18	36	2	6	—	12×2	1,4	9
170	185	680	18	36	2	6	—	12×2	1,4	9
200	195	720	18	36	2	6	—	8×3	1,6	9
200	195	710	24	48	2	6	—	8×3	1,32	12
240	168	650	24	48	2	6	2	12×3	1,5	12
240	248	815	24	48	2	6	2	12×2	1,6	12
280	240	840	24	60	$2\frac{1}{2}$	7	2	8×4	1,5	12
280	320	1000	24	60	$2\frac{1}{2}$	7	2	8×4	1,5	12
372	250	800	30	90	3	9	—	стержиевой		
372	350	1000	30	90	3	9	—	—»—		
372	445	1200	30	90	3	9	—	—»—		
460	295	1020	30	105	$3\frac{1}{2}$	10	—	—»—		
460	375	1160	30	105	$3\frac{1}{2}$	10	—	—»—		
460	455	1380	30	105	$3\frac{1}{2}$	10	—	—»—		
127	85	420	18	36	2	6	—	18	1,32	9
127	120	490	18	36	2	6	—	16	1,32	9
148	115	510	18	36	2	6	—	18×2	1,06	9
148	155	590	18	36	2	6	—	15×2	1,18	9
170	150	640	18	36	2	6	—	16×2	1,32	9
170	150	610	18	36	2	6	—	16×2	1,32	9
210	165	620	24	48	2	6	2	25	1,32	12
210	240	770	24	48	2	6	2	25×2	1,4	12
240	205	740	24	48	2	6	2	13×3	1,32	12
240	280	890	24	48	2	6	2	11×3	1,4	12
270	260	860	24	48	2	6	2	12×4	1,32	12
270	360	1060	24	48	2	6	2	10×4	1,5	12
200	165	640	18	36	2	6	—	8×4	1,4	12
200	240	790	18	36	2	6	3	21×2	1,25	9
235	205	780	18	36	2	6	3	21×2	1,5	9
235	280	930	18	36	2	6	3	18×3	1,32	9

(ОБРАЗЕЦ)

ОБМОТОЧНО-РАСЧЕТНАЯ КАРТОЧКА — Р/№ ДЛЯ РЕМОНТА.......

ТИП	P	I	U	n	f	сх	кл.

	СТАТОР	РОТОР
1. Расточка сердечника - D=		
2. Длина сердечника—l=		
3. Число пазов — Z=		
4. Число полюсов — 2p=		
5. Число секций КГ — q=		
6. Число кат. гр. — КГ =		
7. Шаг обмотки — У=		
8. Число параллел. — a=		
9. Длина витка — L=		
10. Число витков в сек. — W=		
11. Во сколько пров.— N з=		
12. Диаметр провода—d=		
13. Вес провода—G=		
14. Марка провода =		
15. Сечение выводов—S в=		
16. Тип обмотки =		
17. Всего проводов в пазах=		

Составил

Исполнитель

Проверил

(Из практики)

Как определить число полюсов и об/мин электродвигателя по обмотке статора.

Число катушечных групп в обмотке зависит от числа фаз, числа пар(р) или числа полюсов (2р) и типа обмотки.

Для однослойной обмотки число катушечных групп в фазе (КГ$ф_1$) равно числу пар полюсов — КГф =Р, а в трехфазной обмотке в три раза больше — КГ = 3р, следовательно если статор имеет КГ $_1$ = 6, то число пар полюсов будет р = 6:3 = 2, если КГ $_1$ = 9, то р = 9:3 = 3, если КГ $_1$ = 12, то р = 12:3 = 4 и т. д.

При двухслойной, одиослойной «вразвалку» и одно-двух слойной обмотках число катушечных групп в фазе (КГ $ф_2$) равно числу полюсов — КГ $ф_2$ = 2р, а в статоре в три раза больше — КГ $_2$ = 2рх3 = 6Р, значит при наличии в статоре — КГ $_2$ = 6, р = 6:6 = 1 и т. д. Число полюсов в два раза больше числа пар полюсов.

Взаимосвязь частоты вращения в об/мин и числа пар полюсов электродвигателя приведена в пособии на ст 7

(Если катушечные группы сторонами секций расположены рядом в пазах с направлением лобовых частей в разные стороны, то эта обмотка будет однослойной вразвалку. Число секций в КГ будет по две при Z = 24 и по три при Z = 36.

Число полюсов или об/мин. определяется как в двухслойной обмотке, но обычно развалка применяется в обмотках мелких электродвигателей на 2р = 2 для уменьшения шага, при этом всего в статоре КГ = 6).

Приложение 6

Таблицы обмоточных данных трехфазных

электродвигателей Болгарского производства серии А2

(АО2), АО, 4АО, А(АО), М, АОМ, АОЛ, АМ, А(А)-10

6.1. Данные Болгарских электродвигателей серии АО2,

Тип	Р кВт	Z	q	У	a	N
АО2-12-2	1,1	24	2+2	10		63
АО2-21-2	1,5	24	2+2	10		64
АО2-22-2	2,2	24	2+2	10		48
АО2-31-2	3	24	2+2	10		41
АО2-32-2	4	24	2+2	10		34
АО2-41-2	5,5	24	4	8		(18+18)2
АО2-42-2	7,5	24	4	8		(14+14)2
АО2-51-2	10	24	4	8		(12+12)3
АО2-52-2	13	24	4	8		(10+10)4
АО2-62-2	17	36	6	14	2	10+10
АО2-71-2	22	36	6	14	2	10+10
АО2-72-2	30	36	6	14	2	(7+8)3
АО2-81-2	40	36	6	14	2	(7+8)4
АО2-82-2	55	36	6	14	2	(5+6)5
АО2-91-2	75	36	6	14	2	(4+5)9
АО2-92-2	100	36	6	14	2	(3+4)11
АО2-11-4	0,8	36	3	9		67
АО2-12-4	1,1	36	3	9		51
АО2-21-4	1,5	36	3	9		50
АО2-22-4	2,2	36	3	9		38
АО2-31-4	3	36	3	9		37
АО2-32-4	4	36	3	9		28
АО2-41-4	5,5	36	3	7		(14+14)2
АО2-42-4	7,5	36	3	7		(11+11)2
АО2-51-4	10	36	3	8	2	(20+20)2
АО2-52-4	13	36	3	8	4	31+31
АО2-61-4	14	36	3	7	2	(17+17)2
АО2-62-4	17	36	3	7	2	(14+14)2
АО2-71-4	22	36	3	7	4	24+24
АО2-72-4	30	36	3	7	4	18+18
АО2-81-4	40	48	4	10	4	(13+13)3
АО2-82-4	55	48	4	10	4	(10+10)4
АО2-91-4	75	48	4	10	4	(8+9)5
АО2-92-4	100	48	4	10	4	(6+7)8
АО2-21-6	0,8	36	2	6		80
АО2-22-6	1,1	36	2	6		65

А2 380В-У

d	G	I	D	l	L	кг	сх
0,65	1,3	2,5	70	85	550	6	
0,85	2	3,3	85	65	500	6	
0,95	2,3	4,5	85	95	595	6	
1,18	2,8	6,2	100	90	590	6	
1,32	3,3	8	100	115	680	6	
1,18	5,5	11	125	105	635	6	
1,32	6,1	14	125	140	705	6	
1,32	7,7	19	140	135	745	6	
1,25	8,8	24	140	175	825	6	
1,4+1,5	10,6	32	160	175	940	6	
1,6+1,7	13,6	42	180	152	985	6	
1,6	17	56	180	190	1070	6	
1,6	24	75	205	185	1220	6	
1,7	26,5	100	205	255	1460	6	
1,8	47	138	240	285	1460	6	
1,8	55	180	240	390	1670	6	
0,56	1	2	76	80	375	6	
0,65	1,2	2,6	76	105	420	6	
0,8	1,8	3,4	93	90	437	6	
0,95	2	5	93	120	475	6	
1,06	2,8	6,3	105	110	500	6	
1,25	3,3	8,5	105	145	572	6	
1,12	4,5	11	133	120	540	12	
1,25	5,4	15	133	160	620	12	
1,12	8,2	19	152	135	620	12	
1,25	8,7	25	152	175	700	12	
1,32	10,2	27	173	145	640	12	
1,5	11,7	33	173	175	700	12	
1,7	13,8	43	200	170	740	12	
1,32+1,6	17,5	57	200	232	860	12	
1,32	22,2	75	230	225	920	12	
1,32	27,5	99	230	310	1090	12	
1,6	44	137	265	315	1180	12	
1,32	53,2	181	265	420	1390	12	
0,6	1,6	2,3	98	75	390	9	
0,71	1,9	3,6	98	95	460	9	

Тип	P кВт	Z	q	У	*a*	N
АО2-31-6	1,5	36	2	6		60
АО2-32-6	2,2	36	2	6		42
АО2-41-6	3	36	2	5		23+23
АО2-42-6	4	36	2	5		17+17
АО2-51-6	5,5	36	2	5		(14+14)2
АО2-52-6	7,5	36	2	5		(11+11)2
АО2-61-6	10	36	2	5	2	(20+20)2
АО2-62-6	13	36	2	5	2	(16+16)2
АО2-71-6	17	54	3	7	2	11+11
АО2-72-6	22	54	3	7	2	9+9
АО2-81-6	30	72	4	10	3	(10+10)3
АО2-82-6	40	72	4	10	3	(7+7)2
АО2-91-6	55	72	4	10	6	12+12
АО2-92-6	75	72	4	10	6	(10+10)3
АО2-31-8	1,1	48	2	6		59
АО2-32-8	1,5	48	2	6		45
АО2-41-8	2,2	36	1 и 2	4		29+29
АО2-42-8	3	36	1 и 2	4		21+21
АО2-51-8	4	36	1 и 2	4		19+19
АО2-52-8	5,5	36	1 и 2	4		(14+14)2
АО2-61-8	7,5	36	1 и 2	4		(13+13)2
АО2-62-8	10	36	1 и 2	4		(10+10)3
АО2-61-8	7,5	54	2 и 3	6	2	19+19
АО2-62-8	10	54	2 и 3	6	2	(15+15)2
АО2-71-8	13	54	2 и 3	6	2	(15+15)2
АО2-72-8	17	54	2 и 3	6	2	11+11
АО2-81-8	22	72	3	7	2	(8+8)3
АО2-82-8	30	72	3	7	2	(6+6)3
АО2-91-8	40	72	3	7	4	(11+11)3
АО2-92-8	55	72	3	7	4	(8+8)4
А2-61-2	17	36	6	14	2	14+14
А2-62-2	22	36	6	14	2	(11+11)2
А2-71-2	30	36	6	14	2	10+10
А2-72-2	40	36	6	14	2	(8+7)3
А2-81-2	55	36	6	14	2	(7+8)4
А2-82-2	75	36	6	14	2	(5+6)5

6.1. Продолжение

d	G	I	D	l	L	кг	сх
0,8	2,1	3,8	115	90	385	9	
0,95	2,4	5,4	115	130	475	9	
1,25	4,1	6,8	144	105	450	18	
1,4	5	9	144	140	520	18	
1,06	4,5	11,9	173	135	540	18	
1,25	5,8	15,9	173	175	620	18	
1,12	8,2	21	183	160	630	18	
1,32	10,2	27	183	210	730	18	
1,5 + 1,4	12,8	34	230	175	685	18	
1,6 + 1,7	14,6	42	230	225	795	18	
1,32	23	56	260	225	870	18	
1,9	27,5	73	260	310	1040	18	
1,6 + 1,5	33	100	300	285	1020	18	
1,6	48	132	300	390	1230	18	
0,75	1,9	3,2	115	90	360	12	
0,9	2,4	4,1	115	120	400	12	
1,12	3,8	5,9	144	105	420	24	
1,32	4,3	8	144	140	490	24	
1,4	5,3	9,4	173	135	490	24	
1,18	6,3	12,8	173	175	570	24	
1,4	8,9	17	185	160	570	24	
1,32	10	23	185	210	650	24	
1,4	8,9	16	195	150		24	
1,18	10	21	195	190		24	
1,32	27	27	230	175	640	24	
1,5 + 1,4	35	35	230	225	750	24	
1,32	45,5	46	260	225	750	24	
1,7	60,5	61	260	310	920	24	
1,4	32	92	300	285	925	24	
1,4	40	98	300	390	1135	24	
1,7	8,5	33	158	104	800	6	
1,32	9,1	42	158	142	875	6	
1,6 + 1,7	13,5	57	180	130	1030	6	
1,6	16,5	75	180	170	1110	6	
1,6	20,9	102	205	165	1080	6	
1,7	24,8	138	205	225	1200	6	

6.1. Продолжение

Тип	P кВт	Z	q	y	*a*	N
A2-91-2	100	36	6	14	2	(5+6)6
A2-92-2	125	36	6	14	2	(4+4)7
A2-61-4	13	36	3	7	2	(21+21)2
A2-62-4	17	36	3	7	2	(16+16)2
A2-71-4	22	36	3	7	4	32+32
A2-72-4	30	36	3	7	4	(23+23)4
A2-81-4	40	48	4	10	4	(18+18)2
A2-82-4	55	48	4	10	4	(12+12)3
A2-91-4	75	48	4	10	4	(11+11)4
A2-92-4	100	48	4	10	4	(9+9)7
A2-61-6	10	36	2	5	2	27+27
A2-62-6	13	36	2	5	2	(20+20)2
A2-71-6	17	54	3	7	2	(13+13)2
A2-72-6	22	54	3	7	2	(10+11)3
A2-81-6	30	72	4	10	3	12+12
A2-82-6	40	72	4	10	3	(9+9)4
A2-91-6	55	72	4	10	3	(8+8)4
A2-92-6	75	72	4	10	3	(5+6)6
A2-61-8	7,5	54	2 и 3	6	2	22+22
A2-62-8	10	54	2 и 3	6	2	(17+17)2
A2-71-8	13	54	2 и 3	6	2	(16+16)2
A2-72-8	17	54	2 и 3	6	2	13+13
A2-81-8	22	72	4	7	2	(11+11)3
A2-82-8	30	72	4	7	2	(7+8)3
A2-91-8	40	72	4	7	4	(13+13)3
A2-92-8	55	72	4	7	4	(9+10)3

6.2. Данные Болгарских электродвигателей серии 4АО, МО,

Тип	P кВт	Z	q	y	*a*	N
4AO-71A-2	0,75	24	2+2	10	2	84
4AO-71B-2	1,1	24	2+2	10		64
4AO-80A-2	1,5	24	2+2	10		61
4AO-80B-2	2,2	24	2+2	10		46
4AO-90L-2	3	24	2+2	10		38×2
4AO-100S-2	4	24	2+2	10		37×2

6.1. Продолжение

d	G	I	D	l	L	кг	сх
1,8	37,5	185	240	210	1310	6	
1,8	40,5	230	240	285	1400	6	
1,18	9,65	25,2	173	114	610	12	
1,4	10,7	32,8	173	152	680	12	
1,4	13,6	44	200	130	740	12	
1,25	17,2	58	200	170	860	12	
1,4	21,8	75	230	165	920	12	
1,4	26,6	102	230	225	1090	12	
1,6	43,2	138	265	210	1180	12	
1,4	52,2	182	265	285	1390	12	
1,4	7,6	21	185	114	540	18	
1,18	8,8	27	185	152	615	18	
1,32	12,3	35	230	130	615	18	
1,25	14,8	44	230	170	696	18	
1,4+1,5	19,2	58	260	165	750	18	
1,18	21,6	79	260	225	870	18	
1,4	28	105	300	195	870	18	
1,4	37,4	140	300	280	960	18	
1,32	73	17	195	114	495	24	
1,12	9,8	22	195	152	570	24	
1,25	11,8	29	230	130	560	24	
1,32+1,5	13,6	37	230	170	640	24	
1,25	16,2	45	260	165	670	24	
1,5	19,9	62	260	225	760	24	
1,32	25,5	80	300	195	735	24	
1,5	32,3	110	300	285	915	24	

напряжением 380 В.

d	G	I	D	l	L	кг	сх
0,53	0,9	1,9	62	55	430	6	*Y*
0,63	1	2,6	62	75	470	6	*Y*
0,75	1,5	3,3	69	75	500	6	*Y*
0,9	1,7	4,6	69	100	550	6	*Y*
0,75	2,2	6,1	78	110	610	6	*Y*
0,85	3,2	8	88	110	650	6	*Y*

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
4АО-100L-2	5,5	24	2+2	10		30×2
МО-112М-2	7,5	24	2+2	10		26×2
МО-132М-2	11	36	6	14	2	(15+15)3
МО-160S-2	15	36	6	14	2	(14+14)3
МО-160М-2	18,5	36	6	14	2	(12+12)4
МО-180S-2	22	36	6	14	2	(19+19)2
МО-180М-2	30	36	6	14	2	(14+14)3
МО-200М-2	37	36	6	14	2	(15+15)4
МО-200L-2	45	36	6	14	2	(12+12)4
МО-225М-2	55	36	6	14	2	(10+10)4
МО-250S-2	75	36	6	14	2	(9+9)6
МО-250М-2	90	36	6	14	2	(8+8)7
МО-280S-2	110	36	6	14	2	(6+7)11
МО-280М-2	132	36	6	14	2	(6+6)11
4АО-71А-4	0,55	36	3	9		86
4АО-71В-4	0,75	36	3	9		63
4АО-80А-4	1,1	36	3	9		58
4АО-80В-4	1,5	36	3	9		46
4АО-90L-4	2,2	36	3	9		36×2
4АО-100S-4	3	36	3	9		33×2
4АО-100L-4	4	36	3	9		26×2
МО-112М-4	5,5	36	3	9		26×2
МО-132S-4	7,5	36	3	7	2	(23+23)2
МО-132М-4	11	36	3	7	2	(16+16)3
МО-160S-4	15	48	4	12	2	28×3
МО-160М-4	18,5	48	4	12	2	23×3
МО-180S-4	22	48	4	10	2	(17+17)2
МО-180М-4	30	48	4	10	2	(13+13)2
МО-200М-4	37	48	4	10	4	(26+26)2
МО-200L-4	45	48	4	10	4	(22+22)2
МО-225М-4	55	48	4	10	4	(21+21)3
МО-250S-4	75	60	5	11	4	(15+15)3
МО-250М-4	90	60	5	11	4	(13+13)3
МО-280S-4	110	60	5	11	4	(11+12)4
А-280М-4	132	60	5	11	4	(10+10)5
А-315S-4	200	60	5	12	4	(10+10)6

d	G	I	D	l	L	кг	сх
0,85	3,7	11	88	150	730	6	Y
1,08	5,5	15	106	145	730	6	Y
0,95	8,4	21	125	150	775	6	Y
1,06	9,1	28	145	135	835	6	Y
1	9,7	34	145	160	885	6	Y
1,32	16	41	165	155	950	6	△
1,25	17	56	165	200	1040	6	△
1,18	22	70	188	157	1160	6	△
1,25	23	84	188	195	1220	6	△
1,4	25	100	218	220	1270	6	△
1,4	38	141	238	205	1320	6	△
1,4	42	166	238	240	1390	6	△
1,32	48	200	277	260	1580	6	△
1,4	52	238	277	310	1680	6	△
0,45	0,6	1,6	70	55	270	6	Y
0,53	0,7	2,1	70	75	310	6	Y
0,63	0,9	2,8	78	75	330	6	Y
0,75	1,2	3,7	78	100	380	6	Y
0,63	1,5	5,5	86	110	410	6	Y
0,75	2	6,9	99	110	430	6	Y
0,85	2,4	8,6	99	145	500	6	Y
1,12	4,4	12	115	135	535	6	Y
1,06	6,6	16	138	135	590	12	Y
1,06	9	23	138	200	720	12	Y
1,06	9,2	29	158	145	650	6	Y
1,18	11	18,5	158	180	720	6	Y
1,25	14	41	185	180	780	12	△
1,18	16	57	185	225	870	12	△
1,12	19	69	214	207	885	12	△
1,25	22	82	214	245	965	12	△
1,18	29	100	241	240	990	12	△
1,3	35	137	269	220	1010	12	△
1,4	40	163	269	260	1090	12	△
1,4	45	193	313	260	1145	12	△
1,4	51	230	313	310	1245	12	△
1,6	76	365	358	260	1231	12	△

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
A-315M-4	250	60	5	12	4	(8+8)7
AO-315S-4	160	60	5	11	4	(10+11)7
AO-315M-4	200	60	5	11	4	(8+9)7
4AO-71A-6	0,37	36	2	6		111
4AO-71B-6	1,8	36	2	6		86
4AO-80A-6	2,3	36	2	6		73
4AO-80B-6	1,1	36	2	6		54
4AO-90L-6	1,5	36	2	6		49×2
4AO-100L-6	2,2	36	2	6		39
MO-112MK-6	3	36	2	6		37×2
MO-112M-6	4	36	2	6		30×2
MO-132S-6	5,5	36	2	5	2	32+32
MO-132M-6	7,5	36	2	5	2	(23+23)2
MO-160S-6	11	54	3	9	3	44×2
MO-160M-6	15	54	3	9	3	33×2
MO-180M-6	18,5	72	4	10	3	20+20
MO-200M-6	22	72	4	10	3	21+21
MO-200L-6	30	72	4	10	3	(16+17)2
MO-225M-6	37	72	4	10	3	(15+15)2
MO-250S-6	45	72	4	10	3	(14+15)2
MO-250M-6	55	72	4	10	3	(12+13)3
MO-280S-6	75	72	4	10	6	(21+21)2
MO-280M-6	90	72	4	10	6	(18+18)3
A-315S-6	132	72	4	10	6	(16+16)3
A-315M-6	160	72	4	10	6	(13+13)5
AO-315S-6	110	72	4	10	6	(16+16)4
AO-315M-6	132	72	4	10	6	(14+14)3
4AO-80A-8	0,37	36	2 и 1	4 и 5		107
4AO-80B-8	0,55	36	2 и 1	4 и 5		79
4AO-90L-8	0,75	36	2 и 1	4 и 5		71
4AO-100S-8	1,1	48	2	6		55×2
4AO-100L-8	1,5	48	2	6		40×2
MO-112MK-8	2,2	36	2 и 1	4		24+24
MO-112M-8	3	36	2 и 1	4	2	(19+19)2
MO-132S-8	4	36	2 и 1	4		38+38
MO-132M-8	5,5	36	2 и 1	4	2	(30+30)2

d	G	I	D	·L	L	кг	сх
1,7	82	456	358	310	1331	12	△
1,5	80	291	358	260	1200	12	△
1,7	86	366	358	310	1300	12	△
0,45	0,7	1,3	76	65	260	9	Y
0,5	0,8	1,8	76	85	300	9	Y
0,56	0,9	2,3	86	85	310	9	Y
0,67	1	3	86	115	370	9	Y
0,53	1,1	4,1	95	120	390	9	Y
0,9	1,7	5,7	107	130	420	9	Y
0,9	3,8	7,5	126	130	510	9	Y
1	4,3	9,5	126	165	575	9	Y
1,18	5,4	13	148	135	515	18	Y
0,95	6,1	17	148	185	615	18	Y
0,9	7,8	23	170	160	635	9	Y
1,06	9,5	30	170	215	765	9	Y
1,32	14	36	205	225	770	18	△
1,4	15	42	240	175	725	18	△
1,18	18	55	240	233	845	18	△
1,32	22	70	272	220	860	18	△
1,4	26	87	299	180	840	18	△
1,32	29	105	299	205	890	18	△
1,32	36	137	349	210	950	18	△
1,18	40	162	349	260	1050	18	△
1,5	69	250	389	270	447	18	△
1,3	73	293	389	320	1247	18	△
1,4	70	206	389	270	1100	18	△
1,7	76	243	389	320	1200	18	△
0,53	1	1,4	86	85	310	12	Y
0,63	1,1	2	86	115	370	12	Y
0,71	1,3	2,8	95	110	370	12	Y
0,5	1,2	3,3	107	90	350	12	Y
0,6	1,6	4,3	107	130	430	12	Y
1,06	3,2	6,6	126	130	440	12	Y
0,85	3,7	8,3	126	165	515	24	Y
1,06	4,8	11	148	135	480	24	Y
0,85	6,3	14	148	185	580	24	Y

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
МО-160S-8	7.5	48	2	5	2	(20+20)2
МО-160М-8	11	48	2	5	2	(15+15)2
МО-180М-8	15	72	3	7	2	(16+16)2
МО-200М-8	18,5	72	3	7	2	(16+16)2
МО-200L-8	22	72	3	7	2	(14+14)2
МО-225М-8	30	72	3	7	4	24+24
МО-250S-8	37	72	3	7	4	(23+23)2
МО-250М-8	45	72	3	7	4	(20+20)2
МО-280S-8	55	72	3	7	4	(18+18)2
МО-280М-8	75	72	3	7	4	(13+13)3
А-315S-8	110	72	3	8	4	(12+12)5
А-315М-8	132	72	3	8	4	(10+10)6
АО-315S-8	90	72	3	8	4	(12+12)6
АО-315М-8	110	72	3	8	4	(10+10)5
А-315S-10	75	90	3	8	5	(10+10)5
А-315М-10	90	90	3	8	5	(8+8)6

6.3. Данные Болгарских электродвигателей серии АОЛ,

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
АОЛ-63-2	14	36	6	12	2	23+23
АОЛ-72-2	20	36	6	12	2	(19+19)2
АОЛ-73-2	28	36	6	12	2	(16+16)4
АОЛ-82-2	40	36	6	12	2	(12+12)3
АОЛ-83-2	55	36	6	12	2	(9+9)4
АОЛ-63-4	14	36	3	7	2	28+28
АОЛ-72-4	20	36	3	7	2	(24+24)2
АОЛ-73-4	28	36	3	7	2	(17+17)3
АОЛ-82-4	40	48	4	10	2	(11+11)3
АОЛ-83-4	55	48	4	10	4	(16+16)2
АОЛ-93-4	75	60	5	13	4	(12+12)3
АОЛ-94-4	100	60	5	13	4	(9+9)5
АОЛ-72-6	14	54	3	7	3	34+34
АОЛ-73-6	20	54	3	7	2	(17+17)2
АОЛ-82-6	28	72	4	10	2	(11+11)3

6.2. Продолжение

d	G	I	D	l	L	кг	сх
0,95	6,8	16	170	160	545	24	Y
1,12	8,3	25	170	215	655	24	Y
1,06	13	32	205	240	700	24	△
1,18	15	38	240	195	670	24	△
1,25	19	45	240	233	850	24	△
1,5	21	62	272	220	750	24	△
1,18	24	75	280	205	770	24	△
1,25	27	90	280	240	840	24	△
1,4	30	109	349	210	815	24	△
1,32	35	146	349	310	1015	24	△
1,4	70	216	409	300	1147	24	△
1,4	76	255	409	350	1247	24	△
1,32	69	174	409	300	1000	24	△
1,6	79	213	409	350	1100	24	△
1,4	64	150	424	265	1060	30	△
1,4	67	180	424	315	1160	30	△

АЛ, АО, напряжением 380 В

d	G	I	D	l	L	кг	сх
1,6	14,5	27	180	135	910	6	△
1,4	19,3	38	205	135		6	△
1,18	24,8	52	205	185		6	△
1,6	31,4	73	240	195	1235	6	△
1,7	37,4	97	240	270	1430	6	△
1,4	37,4	27	200	135	680	12	△
1,18	13,6	34	230	135		12	△
1,18	16,3	53	230	185		12	△
1,6	28	76	265	182	940	12	△
1,7	33,9	103	265	262	1100	12	△
1,6	52,1	135	315	253	1275	12	△
1,4	55,3	180	315	336	1450	12	△
1,25	12,7	29	260	135		18	△
1,25	15,8	41	260	180		18	△
1,32	24,8	55	300	182	855	18	△

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
АОЛ-83-6	40	72	4	10	3	(12+12)2
АОЛ-93-6	55	72	4	10	6	(20+20)3
АОЛ-94-6	75	72	4	10	6	(15+15)3
АОЛ-73-8	14	48	2	5		(12+12)3
АОЛ-82-8	20	72	3	7	2	(16+16)2
АОЛ-83-8	28	72	3	7	4	22+22
АОЛ-93-8	40	72	3	7	4	(18+18)2
АОЛ-94-8	55	72	3	7	4	(14+14)2
АЛ-61-2	14	36	6	12		(16+16)2
АЛ-62-2	20	36	6	12	2	23+23
АЛ-71-2	28	36	6	12	2	(21+21)2
АЛ-72-2	40	36	6	12	2	(16+16)2
АЛ-62-4	14	36	3	7		(17+17)2
АЛ-71-4	20	36	3	7	2	29+29
АЛ-72-4	28	36	3	7	2	(23+23)2
АЛ-81-4	40	48	4	10	4	29+29
АЛ-82-4	55	48	4	10	4	(22+22)2
АЛ-91-4	75	60	5	11	4	(15+15)2
АЛ-92-4	100	60	5	11	4	(12,4+12,4)2
АЛ-101-4	130	60	5	11	4	(12+12)5
АЛ-102-4	160	60	5	12	4	(10+10)6
АЛ-103-4	190	60	5	12	4	(8+8)6
АЛ-104-4	250	60	5	13	4	(6+6)8
АЛ-71-6	14	54	3	7	2	29+29
АЛ-72-6	20	54	3	7	3	33+33
АЛ-81-6	28	72	4	10	3	21+21
АЛ-82-6	40	72	4	10	3	(15+15)2
АЛ-91-6	55	72	4	10	6	27+27
АЛ-92-6	75	72	4	10	6	(21+21)2
АЛ-101-6	100	72	4	9	6	(19+19)3
АЛ-102-6	130	72	4	9	6	(15+15)4
АЛ-103-6	160	72	4	9	6	(11+11)4
АЛ-81-8	20	72	3	4	4	37+37
АЛ-82-8	28	72	3	7	4	28+28
АЛ-81-8	40	72	3	7	4	25+25
АЛ-92-8	55	72	3	7	4	(19+19)2

6.3. Продолжение

d	G	I	D	l	L	кг	сх
1,6	30,2	77,5	300	262	1000	18	△
1,18	46,5	103	350	253	1100	18	△
1,32	53,8	142	350	336	1260	18	△
1,32	14,8	30	260	185	730	24	△
1,25	18,9	41,5	300	182	890	24	△
1,5	22,6	59	300	262	985	24	△
1,4	36	80	350	253	985	24	△
1,6	40,8	109	350	336	1150	24	△
1,32	11	27	180	75	790	6	△
1,5	11,2	38	180	100	985	6	△
1,32	17	52	205	100	930	6	△
1,5	18,6	74	205	135	1000	6	△
1,25	8,4	27	200	100	610	12	△
1,5	11,6	39	230	100	685	12	△
1,25	14	52	230	135	755	12	△
1,7	25	73	265	130	880	12	△
1,32	27	98	265	180	980	12	△
1,6	37,7	142	315	163	1050	12	△
1,9'	46,8	188	315	223	1200	12	△
1,32	50	230	315	230	1150	12	△
1,32	55	282	315	280	1250	12	△
1,5	64	330	315	330	1360	12	△
1,5	76	436	313	430	1600	12	△
1,32	11,2	30	260	100	600	18	△
1,25	13,3	41	260	135	670	18	△
1,6	22,7	57	300	130	790	18	△
1,32	25	81	300	180	890	18	△
1,6		108	350	163		18	△
1,32		146	350	223		18	△
1,25	46,5	182	350	250	1000	18	△
1,25	56,5	237	350	325	1155	18	△
1,32		288	350	430	1365	18	△
1,18	18	45	300	130	650	24	△
1,4	21,5	58	300	180	750	24	△
1,7		82	350	163		24	△
1,4		111	350	223		24	△

Тип	P кВт	Z	q	У	*a*	N
АЛ-101-8	75	72	3	7	4	(17+17)3
АЛ-102-8	100	72	3	7	4	(13+13)4
АО-80*a*-2	0,55	24	2+2	10		106
АО-80б-2	0 75	24	2+2	10		81
АО-80с-2	1,1	24	2+2	10		61
АО-90S-2	1,5	24	2+2	10		62
АО-90L-2	2,2	24	2+2	10		46
АО-100L	3	24	2+2	10		38
АО-112М-2	4	24	2+2	—	—	—
АО-132S-2	7,5	24	2+2	10		26x3
АО-132М-2	10	24	2+2	10		21×4
АО-160М-2	15	36	6	14	2	(12+12)2
АО-160L-2	18,5	36	6	14	2	(10+10)3
АО-80*a*-4	0,37	36	3	9		112
АО-80б-4	0,55	36	3	9		88
АО-80с-4	0,75	36	3	9		63
АО-90S-4	1,1	36	3	9		59
АО-90L-4	1,5	36	3	9		47
АО-100L-4	2,2	36	3	9		38
АО-112S-4	3	36	9	9		34
АО-112М-4	4	36	3	9		26
АО-132S-4	5,5	36	3	7		(14+14)2
АО-132М-4	7,5	36	3	7		(11+11)2
АО-160М-4	11	36	3	7	2	(19+19)2
АО-160L-4	15	36	3	7	2	(14+14)3
АО-80б-6	0,37	36	2	6		112
АО-80с-6	0,55	36	2	6		90
АО-90S-6	0,75	36	2	6		79
АО-90L-6	1,1	36	2	6		60
АО-100L-6	1,5	36	2	6		54
АО-112М-6	2,2	36	2	6		42
АО-132S-6	3	36	2	5		23+23
АО-132МК-6	4	36	2	5		(18+18)2
АО-132М-6	5,5	36	2	5		(14+14)3
АО-160М-6	7,5	36	2	5		12+12
АО-160L-6	11	36	2	5	2	(17+17)2

6.3. Продолжение

d	G	I	D	l	L	кг	сх
1,32	45,5	141	350	250	940	24	△
1,32	54,5	188	350	325	1090	24	△
0,5	0,9	1,4	69	50	385	6	У
0,56	1,1	1,8	69	65	405	6	У
0,63	1,1	2,5	69	85	450	6	У
0,8	1,7	3,3	78	75	485	6	У
0,9	1,9	4,7	78	100	535	6	У
1,06	2,3	6,2	82	120	580	6	У
—	—	—	—	—	—	—	У
1,18	6,8	14,6	122	130	750	6	У
1,18	8,6	19,3	122	170	830	6	У
1,4	10,7	27,4	134	180	880	6	У
1,25	11,6	33,6	139	220	960	6	У
0,4	0,6	1,05	76	45	260	12	У
0,47	0,8	1,42	76	60	240	12	У
0,56	0,9	2	76	80	340	12	У
0,67	1,2	2,7	87	75	355	12	У
0,75	1,4	3,6	87	95	396	12	У
0,9	1,9	4,9	83	115	455	12	У
1,06	2,4	6,6	105	105	475	12	У
1,25	3	8,5	105	140	545	12	У
1,12	4,9	11,2	133	120	535	12	У
1,25	5,5	14,5	133	160	615	12	У
1,18	9,1	21,8	152	140	645	12	У
1,18	10,8	29,6	152	190	745	12	У
0,45	0,71	1,38	81	65	260	9	У
0,5	0,93	1,76	81	85	290	9	У
0,56	1,1	2,2	93	80	310	9	У
0,67	1,35	3	93	105	360	9	У
0,75	1,65	3,8	98	115	390	9	У
0,95	2,1	5,5	119	120	425	9	У
1,25	4,2	6,8	144	105	450	18	У
1	4,8	8,8	144	135	510	18	У
0,95	5,8	11,5	144	175	590	18	У
1,32+1,4	6,7	15,5	173	160	600	18	У
1,18	8,8	22,4	173	235	750	18	У

6.3. Продолжение

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
AO-100L-8	0,75	36	2 и 1	4 и 5		77
AO-112S-8	1,1	48	2	6		60
AO-112M-8	1,5	48	2	6		43
AO-132S-8	2,2	36	2 и 1	4		29 + 29
AO-132M-8	3	36	2 и 1	4		21 + 21
AO-160MK-8	4	36	2 и 1	4	2	41 + 41
AO-160M-8	5,5	36	2 и 1	4		(15 + 15) 2
AO-160L-8	7,5	36	2 и 1	4		(11 + 11) 3

6.4. Данные Болгарских электродвигателей серии М,

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
M200M-2	55	36	6	14	2	(11 + 12) 4
M200L-2	75	36	6	14	2	(9 + 10) 5
M225M-2	90	36	6	14	2	(8 + 9) 4
M250S-2	110	36	6	14	2	(8 + 9) 5
M250M-2	132	36	6	14	2	(7 + 8) 5
M280S-2	160	36	6	14	2	(6 + 7) 8
M280M-2	200	36	6	14	2	(5 + 6) 10
M200M-4	45	48	4	10	4	(24 + 24) 2
M200L-4	55	48	4	10	4	(20 + 20) 2
M225M-4	75	48	4	10	4	(19 + 19) 3
M250S-4	90	60	5	12	4	(15 + 15) 3
M250M-4	110	60	5	12	4	(13 + 13) 4
M280S-4	132	60	5	12	4	(12 + 12) 3
M280M-4	160	60	5	12	4	(10 + 10) 4
M280MK-4	190	60	5	12	4	(9 + 9) 5
M280ML-4	200	60	5	13	4	(8,4 + 8,4) 5
M-280L-4	250	60	5	12	4	(7 + 7) 6
M-315MK-4	250	60	5	12	4	(7,6 + 7,6) 11
M-315M-4	315	60	5	12	4	(6,4 + 6,4) 10
M-200M-6	30	72	4	10	3	(18 + 18) 2
M-200L-6	37	72	4	10	3	(15 + 15) 2
M-225M-6	45	72	4	10	3	(14 + 15) 2

6.3. Продолжение

d	G	I	D	l	L	кг	сх
0,63	1,6	1,9	98	105	370	12	Y
0,75	2	3,3	119	85	350	12	Y
0,85	2,2	4,6	119	120	420	12	Y
1,12	3,9	5,7	144	105	410	24	Y
1,32	4,4	8	144	135	470	24	Y
1	5,4	9,8	173	120	475	24	Y
1,18	6,2	12,7	173	160	555	24	Y
1,18	8,2	17	173	235	705	24	Y

АОМ, напряжением 380 В

d	G	I	D	l	L	кг	сх
1,25	21	102	188	195	1125	6	Δ
1,25	24	136	188	233	1215	6	Δ
1,5	26	163	219	220	1300	6	Δ
1,5	32	202	238	205	1320	6	Δ
1,7	39	240	238	240	1390	6	Δ
1,4	40	290	278	210	1480	6	Δ
1,4	48	355	278	260	1580	6	Δ
1,18	21	82	214	207	910	12	Δ
1,32	23	100	214	245	990	12	Δ
1,25	28	140	241	240	980	12	Δ
1,25	29	164	269	205	980	12	Δ
1,25	36	199	269	240	1050	12	Δ
1,5	37	234	314	210	1090	12	Δ
1,5	46	276	314	260	1190	12	Δ
1,5	53	340	314	280	1230	12	Δ
1,6	57	365	314	300	1270	12	Δ
1,7	72	445	314	375	1420	12	Δ
1,32		457	355	330		12	Δ
1,6		572	355	390		12	Δ
1,06	17	60	240	195	780	18	Δ
1,18	19	73	240	233	860	18	Δ
1,32	20	88	272	220	860	18	Δ

Тип	Р кВт	Z	q	У	*a*	N
M-250S-6	55	72	4	10	3	14+14
M-250M-6	75	72	4	10	3	(11+11)4
M-280S-6	90	72	4	10	3	(20+20)2
M-280M-6	110	72	4	10	3	17+17
M-280LK-6	132	72	4	10	6	(14+14)3
M-280L-6	160	72	4	10	6	(11+12)4
M-200M-8	22	72	3	7	2	(16+16)2
M-200L-8	30	72	3	7	2	(12+12)2
M-225M-8	37	72	3	7	4	(24+24)2
M-250S-8	45	72	3	7	4	(21+21)2
M-250M-8	55	72	3	7	4	(18+18)2
M-280S-8	75	72	3	7	4	14+14
M-280M-8	90	72	3	7	4	(12+12)3
M-280ML-8	110	72	3	7	4	(11+11)4
M-280LK-8	125	72	3	7	4	(10+10)3
M-280L-8	132	72	3	7	4	(9+9)4
AOM-40-2	1,7	24	2+2	10		58
AOM-51-2	7,5	24	4	9		16+16
AOM-52-2	10	24	4	9		(11+11)3
AOM-32-4	1,3	24	2	6		76
AOM-41-4	2,2	36	3	9		52
AOM-412-4	2,8	36	3	9		41
AOM-52-4	4,5	36	3	9		35×2
AOM-51-4	7	36	3	9		27×2
AOM-52-4	10	36	3	9		19×2
AOM-41-6	1,3	36	2	6		73

6.5. Данные Болгарских электродвигателей серии АМ

Тип	Р кВт	Z	q	У	*a*	N
AM-61-2	12,5	36	6	12	2	32+32
AM-62-2	18	36	6	12	2	24+24
AM-71-2	25	36	6	12	2	(22+22)3
AM-72-2	36	36	6	12	2	(16+16)3
AM-81-2	55	36	6	12	2	(11+11)4
AM-82-2	75	36	6	12	2	(9+9)4

6.4. Продолжение

d	G	I	D	l	L	кг	сх
1,32+1,4	21	104	300	180	830	18	△
1,18	30	138	300	240	950	18	△
1,25	31	168	250	210	970	18	△
1,4+1,5	39	200	350	260	1070	18	△
1,32	41	240	350	310	1170	18	△
1,32	55	290	350	375	1300	18	△
1,18	14,8	47	340	195	680	24	△
1,32	17,2	64	340	245	780	24	△
1,12	22,5	77	372	220	740	24	△
1,18	23,5	93	300	205	750	24	△
1,32	27	112	300	240	820	24	△
1,4+1,5	28,5	148	350	260	935	24	△
1,4	37	177	350	310	1035	24	△
1,4	46,5	225	350	330	1075	24	△
1,7	48	250	350	375	1160	24	△
1,5	51	265	350	395	1200	24	△
1,08	3,5	104	104	65	380	6	Y
1,4+1,5		139	139	110	680	6	Y
1,4		139	139	160	780	6	Y
0,85	2	89	89	105	440	6	Y
1,12	3,8	112	112	80	440	6	Y
1,18	3,8	112	112	95	470	6	Y
1,18	6,9	152	152	70	540	6	Y
1,32	7,7	152	152	110	620	6	Y
1,6	9	152	152	160	720	6	Y
0,95	2,9	112	112	80	370	9	Y

напряжением 380 В △

d	G	I	D	l	L	кг
1,32	12					6
1,6	14					6
1,12	20					6
1,4	21					6
1,5	29	108	230	165		6
1,7	23	140	230	210		6

6.5. Продолжение

Тип	Р кВт	Z	q	У	a	N
АМ-91-2	100	36	6	12	2	(8+8)6
АМ-92-2	130	36	6	12	2	(6+6)6
АМ-62-4	12,5	36	3	7		(18+18)2
АМ-71-4	18	36	3	7	2	(29+29)2
АМ-72-4	25	36	3	7	2	(22+22)2
АМ-81-4	40	36	3	7	2	(17+17)3
АМ-82-4	55	36	3	7	2	(13+13)3
АМ-91-4	75	48	4	10	2	(9+9)3
АМ-92-4	100	48	4	10	4	(12+12)3
АМ-101-4	130	48	4	10	4	(11+11)3
АМ-102-4	160	48	4	10	4	(9+9)3
АМ-103-4	190	48	4	10	4	(8+9)6
АМ-71-6	12,5	54	3	7	2	29+29
АМ-72-6	18	54	3	7	3	33+33
АМ-81-6	28	54	3	7	3	(23+23)2
АМ-82-6	40	54	3	7	6	35+35
АМ-91-6	55	54	3	7	2	(11+11)3
АМ-92-6	75	54	3	7	3	(12+12)2
АМ-101-6	100	54	3	7	6	(19+19)2
АМ-102-6	130	54	3	7	6	(16+16)2
АМ-81-8	20	48	2	5	2	(24+24)2
АМ-82-8	28	48	2	5	2	(17+17)2
АМ-91-8	40	48	2	5	4	(32+32)2
АМ-92-8	55	72	3	7	4	(22+22)2
АМ-101-8	75	72	3	7	4	(14+14)2
АМ-102-8	100	72	3	7	4	(11+11)3

6.6. Данные Болгарских электродвигателей серии А, АК,

Тип	Р кВт	Z	q	У	a	N
А(к)-111-4	250	60	5	12	4	(9+9)2
А(к)-112-4	320	60	5	13	4	(7+7)2
А-113-6	250	72	4	10	6	(5+6)2
А-114-6	320	72	4	11	3	(4+5)2
А-103-8	125	72	3	9	4	(5+6)2
А(к)-114-8	250	72	3	8	4	(4+4)4

6.5. Продолжение

d	G	I	D	l_0	L	кг	сх
1,6	45	191	273	202		6	
1,8	47	238	273	285		6	
1,25	11					12	
1,18	15					12	
1,32	17					12	
1,4	23	77	273	165		12	
1,6	27	106	273	210		12	
1,9	36	142	310	190		12	
1,6	41	190	310	285		12	
1,7	47	243	368	330		12	
1,8	49	294	368	405		12	
1,6	71	353	368	405		12	
1,4	13					18	
1,32	15					18	
1,18	20	59	290	165		18	
1,5	27	82	290	210		18	
1,6	30	109	350	202		18	
1,9	37	145	350	285		18	
1,7	55	194	400	330		18	
1,9	63	247	400	405		18	
1,32	20	43	220	165		24	
1,6	26	60	290	210		24	
1,25	29	85	350	202		24	
1,6	37	112	350	285		24	
1,8	55	145	400	330		24	
1,7	64	192	400	405		24	

напряжением 380 В

$a \times b$	G	I	D	l_0	L	кг	сх
4,1×2,1	126	456	468	220	1540	12	△
4,1×2,63	139	575	468	275	1720	12	△
4,4×2,26	133	452	524	340	1600	18	Y
4,4×3,53	164	568	524	440	1800	18	△
3,05×2,44	89	236	430	340	1770	24	Y
4,1×1,81	125	452	550	440	1660	24	Y

Тип	P кВт	Z	q	У	a	N
А-102-10	75	90	3	9	2	(4+4)2
А-103-10	100	90	3	9	2	(3+3)2
А(к)-112-10	125	90	3	8	2	(3+3)4
А(к)-113-10	160	90	3	8	5	(6+6)2
А-114-10	200	90	3	8	5	(5+5)2
АК-101-4	125	60	5	12	4	(7+7)2
АК-102-4	160	60	5	12	2	(5+5)2
АК-102-6	160	72	4	10	3	(5+5)2
АК-103-6	125	72	4	11	3	(4+4)2
АК-104-6	160	72	4	9	2	(4+4)2
АК-112-6	200	72	4	10	3	(4+4)2
АК-114-6	320	72	4	11	3	(5+6)2
АК-102-8	75	72	3	8	4	(9+9)2
АК-103-8	100	72	3	8	4	(7+7)2
АК-104-8	125	72	3	7	4	(6+6)2
АК-112-8	160	72	3	8	4	(6+6)2
АК-114-8	250	72	3	8	5	(4+4)4
АК-102-10	55	90	3	9	5	(10+11)2
АК-104-10	100	90	3	8	5	(7+7)2

В электродвигателе ВАО (122) 450М-10, N = 6 + 8, $q = 2{,}4 = 2^2/_5 = 2$ и 3, чередование КГ — 2,3,2,2,3... и т.д. повторяясь 6 раз, а чередование в КГ секций (катушек) двоек — 8,6 и троек — 6,8,6, при этом пазы заполняются числом эффективных проводников — 12,14,14,14,14,14... и т.д., повторяясь 12 раз.

7.20. В электродвигателях Болгарского производства М315 МК-4,250 КВТ, чередование в КГ секций — 8,7,7,8, 8 с размещением в пазах эффективных проводников — 16,15,15,15,15... и т.д. повторяясь 12 раз.

М315 М-4,315 кВт чередование в КГ секций — 6,7,7, 6,6, а проводники в пазах разместятся 12,13,13,13,13... и т.д. повторяясь 12 раз.

М280МL-4-(8,4+8,4)5 = (8+9)5 — чередование; в КГ — 8,9,9,8,8, в пазах — 16,17,17,17,17.

a×b	G	I	D	l	L	кг	сх
2,63×3,8	81	155	444	275	1270	30	Y
2,63×5,1	97	202	444	385	1490	30	Y
2,63×3,28	102	237	550	275	1240	30	Y
2,63×3,28	113	304	450	340	1370	30	Y
2,63×3,8	126	373	450	440	1570	30	Y
3,05×2,26	70	235	364	220	1290	12	Y
3,05×3,28	79	299	364	275	1400	12	△
2,83×2,83	67	189	410	275	1160	18	Y
2,83×3,53	77	234	410	340	1280	18	Y
2,83×3,53	81	294	410	440	1460	18	△
4,4×3,8	130	367	524	275	1420	18	Y
4,4×2,,63	154	434	524	440	1750	18	△
3,05×1,56	68	149	430	275	1200	24	Y
3,05×2,1	77	198	430	340	1330	24	Y
3,05×2,63	91	242	430	440	1530	24	Y
4,1×2,44	100	309	550	275	1290	24	Y
4,1×1,81	125	467	550	440	1620	24	Y
2,63×1,25	69	119	444	275	1130	30	Y
2,63×1,95	89	207	444	440	1460	30	Y

(из практики

При отсутствии у маломощных электродвигателей разметки выводов обмотки образование звезды (*Y*) и треугольника (△) можно производить по простому практическому способу с указанной ниже последовательностью.

Вначале находят вывод каждоый фазы мегомметром или от однофазной сети вольметром (переносной лампой). **Звезду собирают** путем объединения вместе трех (из шести) любых выводов от каждой фазы и включают обмотку на мгновение в трехфазную сеть, добиваясь нормального вращения ротора, за счет смены местами (переброски) выводов одной из фаз поочередно, при этом каждая последующая переброска выводов сопровождается востановлением предыдущей на прежние места.

Соединение обмотки треугольником можно получить из звезды, объединяя по два любых вывода (начало и конца) от разных фаз.

Изменение вращения ротора производят перестановкой местами двух любых питающих проводов от сети.

ПОЯСНЕНИЕ К ТАБЛИЦАМ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ

7.1. Графа РкВт означает мощность электродвигателя.
7.2. Z — число пазов статора.
7.3. q — число пазов на полюс и фазу (число секций в катушечной группе): одна цифра — целое число, две цифры через «И» — дробное число, две цифры через плюс — «развалка».
7.4. У — шаг обмотки: одна цифра — одинаковые шаги, две цифры через «И» — разные шаги.
7.5. *а* — число параллельных ветвей.
7.6. N — число эффективных проводников в пазу статора: одна цифра — однослойная обмотка, две цифры через плюс — двухслойная обмотка, цифра через знак умножения или за скобками — число элементарных (параллельных) проводников в эффективном проводнике.
7.7. d — диаметр обмоточного провода: одна цифра — одинаковые диаметры, две цифры через плюс — разные диаметры проводов.
7.8. G — вес провода обмотки в кг.
7.9. I — номинальная сила тока в амперах.
7.10. D — диаметр расточки сердечника статора в мм.
7.11. l — длина сердечника статора в мм.
7.12. b — ширина зубца сердечника статора в мм.
7.13. h — высота спинки сердечника статора в мм.
7.14. L — средняя длина витка секции в мм.
7.15. КГ — число катушечных групп обмотки.
7.16. Соединение — сопряжение фаз *Y* или △.
7.17. При дробном числе пазов на полюс и фазу (q), независимо от величины целого числа, чередование малых (М) и больших (Б) катушечиых групп (КГ) производится с периодическим повторением:
с дробью $0{,}5 = {}^1/_2$ — М, Б... и т.д.
с дробью $0{,}2 = {}^1/_5$ — М, М, М, М, Б... и т.д.
с дробью $0{,}25 = {}^1/_4$ — М, М, М, Б... и т.д.
с дробью $0{,}4 = {}^2/_5$ — М, Б, М, М, Б... и т.д.

Можно эти чередования КГ производить наоборот.

7.18. Разновитковые секции в КГ чередуются:
при любом — q с нечетным шагом (У) — через одну, а при четном — q с четным шаго (У) — попарно.

ВЫВОД ФОРМУЛ УПРОЩЕННЫХ РАСЧЕТОВ ПРИ ЗАМЕНЕ ОБМОТКИ В ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

Расчет обмоточных данных электродвигателей в основном сводится к определению числа полюсов, числа проводников в пазу статора или фазного ротора и сечения обмоточного провода.

При необходимости определяются номинальные величины: фазного тока, мощности и момента вращения. Для упрощенного расчета выведены новые формулы, а существующие таблицы магнитных индукций преобразованы, и сам процесс расчета усовершеиствован. Ниже приводится вывод формул с целью дать представление, откуда взяты все необходимые параметры.

8.1. Вывод формул определения числа проводников в пазу статора.

Электродвижущая сила (ЭДС) в проводнике помещенного в переменное магнитное поле определяется по формуле:

$$E = 2{,}22 \cdot \Phi \cdot f \cdot 10^{4}$$

E — ЭДС = 0,97 • $U_{ф}$ — напряжение в вольтах.

Из формулы ЭДС определяем магнитный поток:

$$\Phi = \frac{0{,}97 \cdot U_{ф} \cdot 10^{4}}{2{,}22 \cdot f}$$

Вместо одного проводника в формулу иадо ввести число проводников, приходящихся на фазу в статоре, а этому должны соответствовать и остальные величины.

Произведение числа проводников в пазу — N, на третью часть числа зубцов (пазов) статора (Z • 1/3) равно числу проводников в фазе статора трехфазного электродигателя, т.е.

$$N_{ф} = \frac{N \cdot Z}{3}$$

Обмотка в статоре располагается по пазам и может иметь укороченный шаг, поэтому необходимо в формулу ввести коэффициенты — распределения и укорочения обмотки.

Обмоточные коэффициенты распределения и укорочения определяются по формулам:

$$K_p = \frac{0,5}{q \cdot \sin 30°/q}; \quad K_v = \sin(У_у \cdot 30°/q) = \sin ß90°$$

Но так как в зависимости от числа пазов на полюс и фазу обмоточный коэффициеит распределения обмотки колеблется в пределах 0,957—0,965, то можно принять среднюю его величину $K_p = 0,96$.

Преобладающее большинство электродвигателей выпускается с обмоткой напряжения 220/380 вольт и соединением обмотки, треугольник—звезда, поэтому фазное напряжение в обоих случаях будет $U_ф = 220$ В.

Распространенная стандартная величина частоты тока на электростанциях обычно принята $f = 50$ герц.

Подставляя все величины, формула примет вид:

$$Ф = \frac{0,97 \cdot U_ф \cdot 3 \cdot 10^4}{2,22 \cdot f \cdot Z \cdot N \cdot K_p \cdot K_y} =$$

$$= \frac{0,97 \cdot 220 \cdot 3 \cdot 10^4}{2,22 \cdot 50 \cdot 0,96 \cdot N \cdot Z \cdot K_y} = \frac{6 \cdot 10^4}{N \cdot Z \cdot K_y}$$

Магнитный поток в статоре электродвигателя, создаваемый обмоткой фазы, обратно пропорционален числу проводников в пазу и числу зубцов.

$$Ф = \frac{6 \cdot 10^4}{N \cdot Z \cdot K_y}$$

Величина магиитного потока в статоре электродвигателя должна соответствовать:

1). Площади сечения активной стали зубцов на один полюс.

$$Ф = B_з \frac{2}{\pi} \cdot Q_з \cdot 0,955, \text{ где } Q_з = \frac{Z \cdot b \cdot l}{2p}, \text{ тогда}$$

$$Ф = \frac{B_з \cdot 2 \cdot 0,955 \cdot Z \cdot b \cdot l}{3,14 \cdot 2p} = \frac{0,3 \cdot Z \cdot B_з \cdot b \cdot l}{p}$$

2). Площади сечеиия активной стали спинки статора: $Ф = B_c \cdot Q_c$, где $Q_c = 2 \cdot h \cdot l \cdot 0,955$, тогда
$Ф = 2 \cdot 0,955 \cdot h \cdot l \cdot B_c$

3). Площади сечения полюсного деления в воздушном зазоре:

$Ф = B_в \cdot 2/\pi \cdot Q_в$ где

$Q_в = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{2p}$, тогда

$$Ф = \frac{B_в \cdot 2 \cdot \pi \cdot D \cdot l}{\pi \cdot 2p} = \frac{B_в \cdot D \cdot l}{p}$$

Во всех трех формулах магнитный поток заменяем равенством с наличием числа проводников в пазу статора.

1) $$\frac{6 \cdot 10^4}{Z \cdot N \cdot K_у} = \frac{0{,}3 \cdot Z \cdot l \cdot b \cdot B_з}{p}$$

или $$N_з = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_з \cdot K_у}$$

2) $$\frac{6 \cdot 10^4}{N \cdot Z \cdot K_у} = 2 \cdot 0{,}955 \cdot l \cdot h \cdot B_с$$

или $$N_с = \frac{3{,}14 \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot h \cdot B_с \cdot K_у} = \frac{\pi \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot h \cdot B_с \cdot K_у}$$

3) $$\frac{6 \cdot 10^4}{Z \cdot N \cdot K_у} = \frac{l \cdot D \cdot B_в}{p}$$ или

$$N_в = \frac{6 \cdot p \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot D \cdot B_в \cdot K_у}$$

Ф — магнитный поток в Веберах (Вб)

$B_з$, $B_с$, $B_в$ — магнитная индукция в зубцах, спинке и воздушном зазоре в теслах (Тл).

$Q_з$, $Q_с$, $Q_в$ — площади сечения в зубцах, спинке, и воздушном зазоре в см^2.

$N_з$, $N_с$, $N_в$ — число проводников в пазу статора, рассчитанные по размеру зубца, спинке и воздушному зазору.

p, 2p — число пар и число полюсов

q — число пазов на полюс и фазу (число секций в катушечной группе).

Z — число зубцов (пазов) статора.

h — высота (толщина) спинки статора в см.

D — диаметр расточки статора в см.

0,955 — коэффициент изоляции между листами стали.

2 — деление магнитного потока в спинке на две части.

$2/\pi = 0{,}637$ — коэффициент, учитывающий неравномерность магнитной индукции под полюсами.

$\pi = 3{,}14$ — отношение длины окружности к диаметру.

K_p, K_y — обмоточные коэффициенты распределения и укорочения.

2,22 и 10^4 — коэффициенты, определяющие действующее значение магнитных и электрических величин.

b — ширина зубца статора в см.

Если зубец имеет разные размеры, то расчетный замер его ширины производится на высоте 1/3 от расточки статора.

Расчетным путем можно определить этот размер по формуле:

$$b_{1/3} = \frac{2b_1 + b_2}{3},$$

где b_1 и b_2 — узкая и широкая часть зубца в см.

l — длина активной части стали (сердечника) статора в см.

Если сердечник статора имеет охлаждающие воздушные каиалы, то принимается общая длина сердечника, за вычетом половины ширины всех воздушных каналов.

Из трех выведенных формул первая включает ширину зубцов, а третья — диаметр расточки статора, но так как в обеих присутствует число пар полюсов, то магнитный поток полюсного деления, проходящий в первом случае через зубцы, а во втором — через воздушный зазор, зависит от их сечений.

Несмотря на то, что магнитная индукция в воздухе в половину ниже, чем в стали (из-за разной проводимости), магнитный поток проходит через зубцы и воздушный зазор одиаковой величины.

Происходит это потому, что предусмотрен необходимый размер воздушного зазора между статором и ротором, а площадь сечеиия на один полюс в воздушиом зазоре немного больше двух раз, чем общее сечение зубцов стали, в результате чего магнитные сопротивления их будут одинаковы.

Заводы-изготовители конструируют электродвигатели так, что при расчетном числе проводников в пазу для получеиия необходимого магнитного потока, а значит и

электромагнитной силы, магнитные индукции в зубцах и воздушном зазоре обязательно предусмотрены наивыгоднейшие или иначе, магнитные индукции взаимосвязаны между собой, поэтому если правильно выбраиа магнитная индукция в зубцах, то в воздушном зазоре магнитная индукция соответственно будет обязательно нормальиой при любом числе полюсов, в результате чего при расчете по магнитиым индукциям в зубцах и воздушном зазоре число проводников в пазу статора должно быть обязательно одинаковым.

Спинка статора изготовляется на одну или две ступени оборотов, поэтому магнитная индукция в ней может быть нормальной или заниженной, в связи с чем получеиное число проводников по формуле с магнитной индукцией в спинке соответствует только размеру спинки.

Учитывая это, для расчета числа проводников в пазу статора необходимо применить одну формулу с наличием магнитной индукции в зубцах по размеру зубца.

$$N = \frac{2p \cdot 10^5}{Z^2 \cdot l \cdot b \cdot B_з \cdot K_y}$$

Остальные две формулы с наличием магнитных индукций в спиике и воздушном зазоре преобразовываются и используются как проверочные этих величин по числу проводников, полученных при расчете по формуле с размером зубца.

$$B_c = \frac{\pi \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot h \cdot N \cdot K_y} \quad \text{и} \quad B_в = \frac{6 \cdot p \cdot 10^4}{Z \cdot l \cdot D \cdot N \cdot K_y}$$

8.2. Вывод формулы для определения числа полюсов.

Две формулы с наличием размера спинки и зубца статора, имеющие одииаковую величину магнитного потока, приравниваются:

$$2 \cdot 0{,}955 \cdot l \cdot h \cdot B_c = \frac{0{,}3 \cdot Z \cdot l \cdot b \cdot B_з}{p}$$

или $2 \cdot p \cdot h \cdot B_c = Z \cdot b \cdot B_з \cdot 0{,}32$

откуда $2p = \dfrac{0{,}32 \cdot Z \cdot b \cdot B_з}{h \cdot B_c}$

Приравниваем магнитные индукции в зубцах и спинке статора.

Тогда $2p = \frac{0,32 \cdot Z \cdot b}{h}$

Но так как магнитная индукция в зубцах статора допускается выше, чем в спинке в пределах порядка 5—15%, то коэффициент в формуле необходимо увеличить в среднем на 10%, т.е. 0,32 + 0,03 = 0,35. Окончательная формула будет:

$2p = \frac{0,35 \cdot Z \cdot b}{h}$, а существует $2p = (0,5 \cdot D):h$

8.3. Вывод формулы для определения числа проводников в пазу статора по длине сердечника.

Во всех сериях выпускаемых электродвигателей при одном габарите и одинаковом числе полюсов предусмотрена разная длина сердечника статора (первой и второй величины), но с одинаковыми остальными размерами стали. Делается это не только с целью экономии дорогостоящих штампов при изготовлении листов для пакетов сердечников и уменьшения ступеней габаритов электродвигателей, а иногда некоторые заводы изменяют длину сердечника от проектной по особым конструктивным соображениям.

Все эти электродигатели отличаются друг от друга числом проводников в пазу, а, следовательно, сечением провода и мощностью.

Для таких электродвигателей, при последовательной обмотке и одинаковом ее типе, произведения чисел в пазу статора на свою длину сердечников равны между собой.

$$N_с \cdot l_с = N_н \cdot l_н$$

Учитывая это, если на электродвигатель отсутствуют обмоточные данные, но имеются данные на другой, отличающийся только длиной сердечника, то число проводников в пазу статора нет необходимости определять по основной формуле, а можно определить путем сравнения с электродвигателем с известными данными методом пропорциональной зависимости между числом проводников в пазу статора и длиной сердечников по формуле:

$$N_н = \frac{N_с \cdot l_с}{l_н}$$

При этом исполнение и серия электродвигателей должны быть одинаковыми.

8.4. Вывод формулы для определения числа проводников в пазу фазного ротора.

Асинхроонный электродвигатель с фазным ротором подобен трансформатору, поэтому при последовательной обмотке можно записать равенство между произведениями напряжений статора — U и ротора — U_2 на число проводников в пазах — N и N_2

$$U \cdot N_2 = U_2 \cdot N \text{ или } N_2 = \frac{U_2 \cdot N}{U}$$

При этом должно быть одинаковое число пазов статора и ротора.

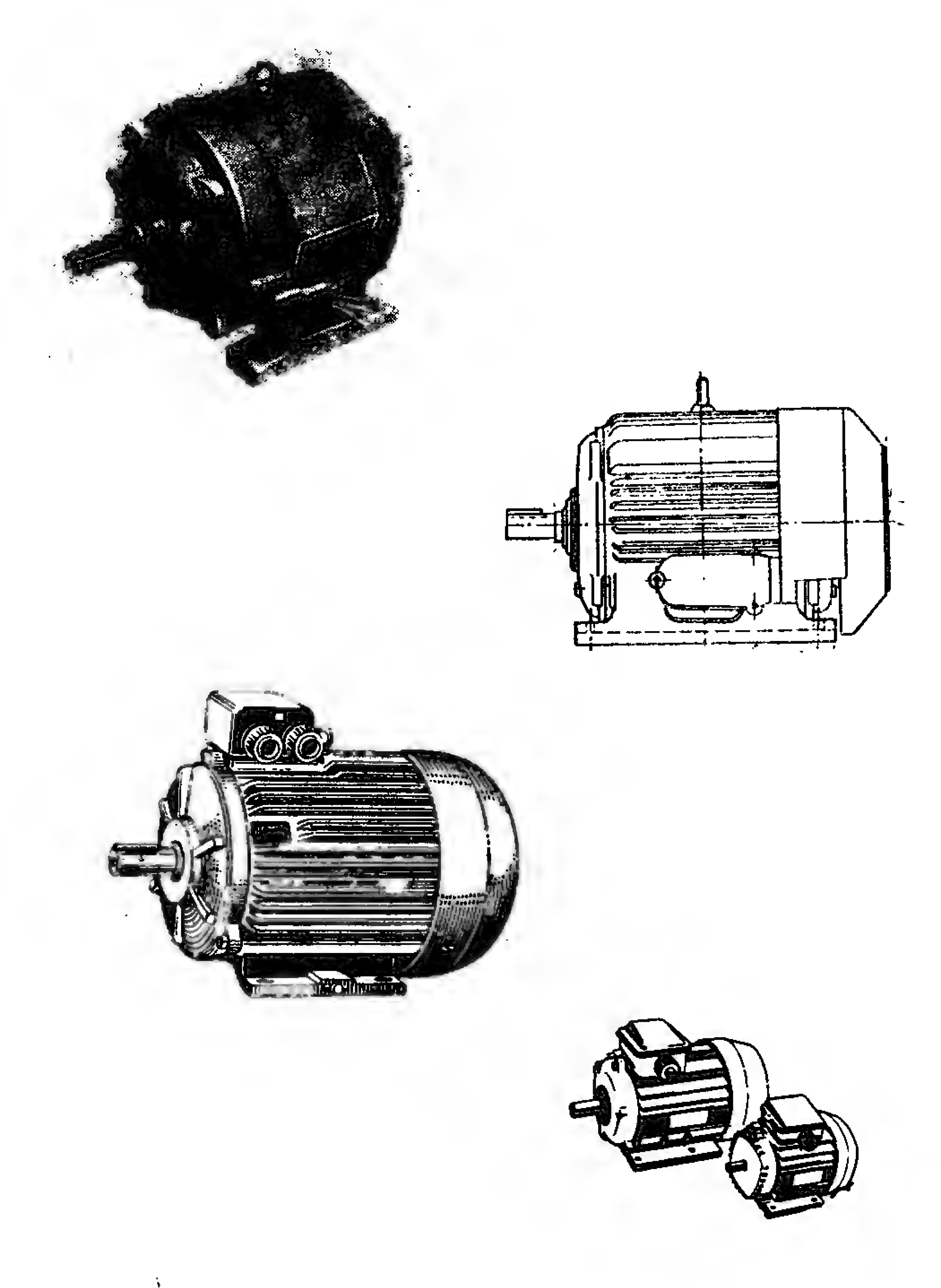
Но так как эти числа всегда различны, то в уравнеиие необходимо ввести числа пазов статора и ротора.

Тогда:

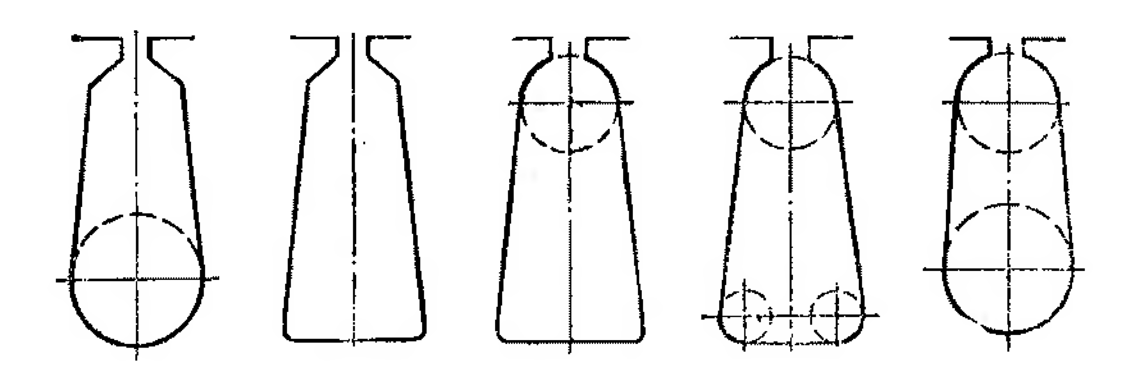
$$N_2 = \frac{U_2 \cdot N \cdot Z}{U \cdot Z_2}$$

U, U_2 — напряжение статора и ротора,
N, N_2 — число проводников в пазах статора и ротора,
Z, Z_2 — число зубцов (пазов) статора и ротора.

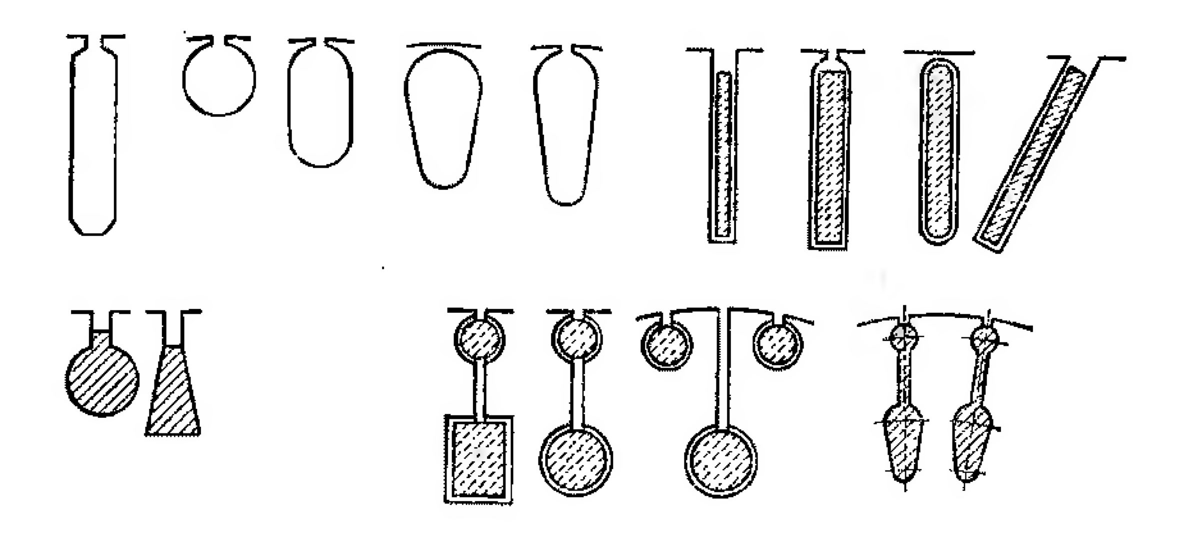
Техническнй редактор Р. И. Глова.
Формат бумаги 84×108[1]/32. Объем 6,5 печ. л.
Тираж 5000. Заказ № 445. Цена 8 руб.
Отпечатано с готовых фотоформ в типографии издательства «Советская Кубань», 350680, ГСП, г. Краснодар, ул. им. Шаумяна, 106.



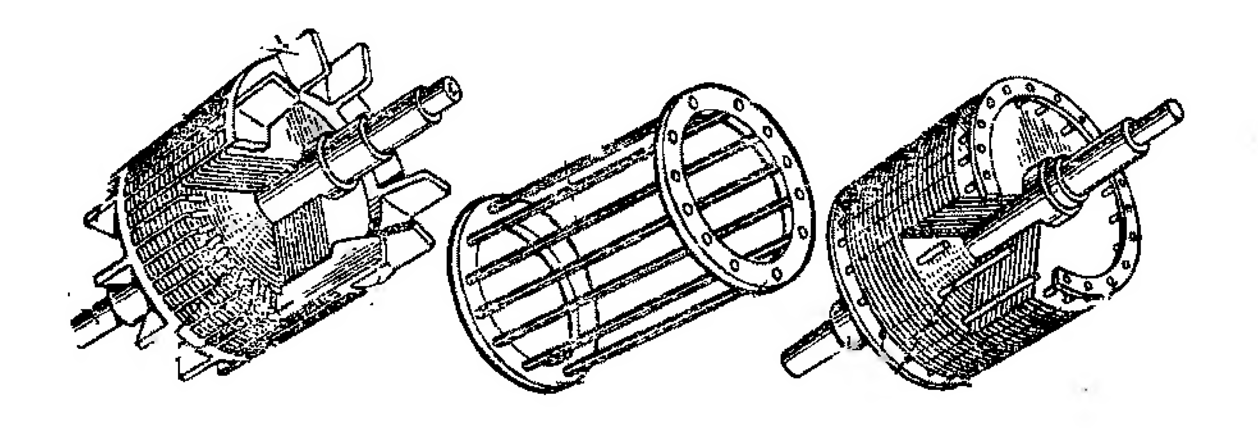
Электродвигатели серии: А, А2, 4А, АИ.



Форма полузакрытых пазов статора для всыпной обмотки



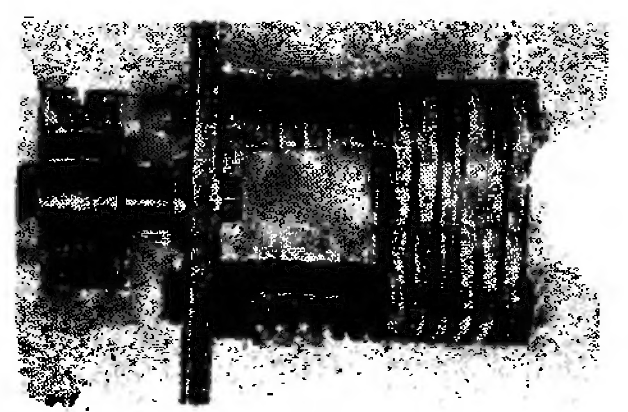
Форма пазов к/з ротора



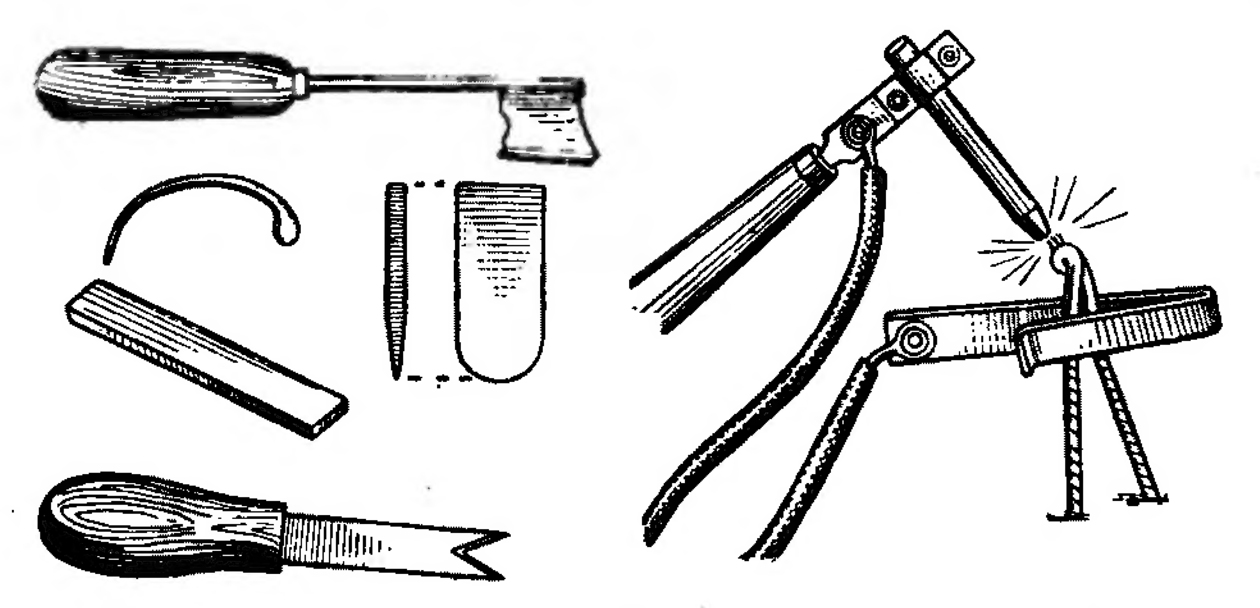
Беличья клетка к/з ротора



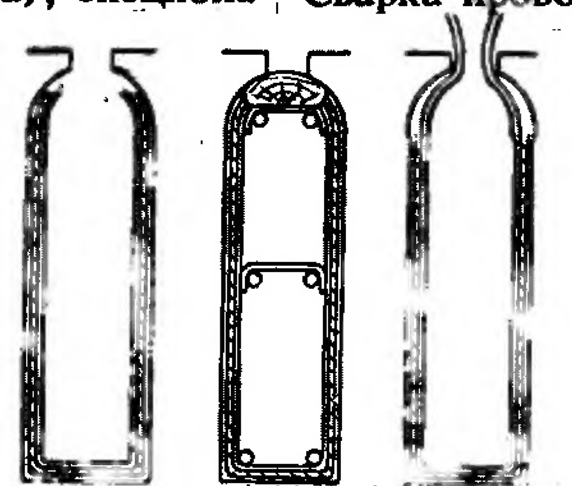
Катушечные группы — разрезиые (с пайкой) и полностью в фазе (без пайки). Укладка целых фаз в статор (без пайки) электродвигателя серни АО.

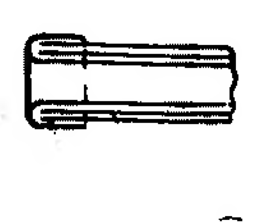


Шаблоны для намотки секций рав носекционной и концентрической обмоток.



Инструмеиты и приспособления при укладке обмотки: утюжек (стальная оправка), фибровая клиновая пластина, проволочный крючок-игла, колодочка (подбивалка), спецнож. Сварка проводов схемы обмотки





Корпусная изоляция в пазах (пазовые коробочки) под шлиц паза и выше паза.

Межсекциоиная прокладка при двухслойной обмотке моижета при выходе изоляции из паза:

ЛИТЕРАТУРА

1. **Виноградов Н.В., Горяинов Ф.А., Сергеев П.С.** Проектирование электрических машии. М., Госэиергоиздат, 1956, под общей редакцией Сергеева П.С.

2. **Маршак Е.Л.** Ремонт и модернизация асинхронных двигателей. М., Энергия, 1965.

3. **Бабенко А.А., Тепленко С.И., Чибишев Л.В.** В помощь электрику-обмотчику асинхронных электродвигателей. М., Энергия. 1965.

4. **Клоков Б.К.** Обмотчик электрических машии. М., «Высшая школа», 1982.

5. **Цибулевский П.И.** Обмоточные данные асинхронных двигателей. М., Энергия, 1971.

6. **Дончев Г.Б., Стамболиев Г.Г.** Справочиик по эксплуатации и ремоит на электрические двигатели. «Техника», София, 1981.

7. **Зимин В.Н., Каплан М.Я., Палий М.М., Рабинович И.Н., Федоров В.П., Хаккен П.Л.** Обмотки электрических машии. «Энергия», Л., 1976.

8. **Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.Н., Соболенская Е.А.** Справочник. Асинхронные двигатели серии 4А. М., Энергоиздат, 1982.